

Gutachten zum Klimaplan Brandenburg

Erarbeitung einer Klimaschutzstrategie für das Land Brandenburg

Endbericht, 28.2.2023

Studie im Auftrag des Landes Brandenburg, vertreten durch
das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz

Berlin, Potsdam, Cottbus/Senftenberg



Impressum

Projektleitung

**Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
GmbH, gemeinnützig**
Potsdamer Str. 105 - 10785 Berlin
Leitung: Prof. Dr. Bernd Hirschl
E-Mail: bernd.hirschl@ioew.de



Projektpartner

BLS Energieplan GmbH
EUREF-Campus, Haus 12 - 10829 Berlin
Verantwortlich: Christoph Lange
E-Mail: Christoph.Lange@BLS-Energieplan.de



LUP – Luftbild Umwelt Planung GmbH
Große Weinmeisterstraße 3a - 14469 Potsdam
Verantwortlich: Gregor Weyer
E-Mail: info@lup-umwelt.de



Reiner Lemoine Institut gGmbH
Rudower Chaussee 12 - 12489 Berlin
Verantwortlich: Raoul Hirschberg
E-Mail: raoul.hirschberg@rl-institut.de



IFOK GmbH
Reinhardstraße 58 - 10117 Berlin
Verantwortlich: Martina Richwien
E-Mail: martina.richwien@ifok.de



BTU Cottbus-Senftenberg
Platz der Deutschen Einheit 1 - 03046 Cottbus
Verantwortlich: Prof. Dr. Bernd Hirschl
E-Mail: bernd.hirschl@b-tu.de



Bildrechte

IÖW (Symbole basieren auf Emojis von OpenMoji CC BY-SA 4.0)

Danksagung

Der vorliegende Bericht ist ein Gemeinschaftswerk, an dem nicht nur die hier beteiligten Gutachterinnen und Gutachter ihren Anteil haben. Diesen möchte ich als Projektleiter des Gesamtvorhabens jedoch zunächst an dieser Stelle meinen Dank für Ihren herausragend engagierten und ausdauernden Einsatz danken. Gleicher Dank geht auch an unseren Auftraggeber, das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz, das nicht nur ein konstruktiver Feedbackgeber von Entwürfen war, sondern auch in der Funktion des Brückenbauers und Vermittlers zu allen beteiligten Ressorts und Behörden sowie zu weiteren Akteuren aus Politik und Verwaltung auf allen Ebenen fungiert hat. Namentlich hervorheben möchte ich an dieser Stelle Daniela Setton und ihr Team im MLUK, sowie auch alle in der Interministeriellen Arbeitsgruppe beteiligten Fachleute, die diesen erstmaligen, komplexen Prozess der Erstellung des Klimaplangutachtens in der Brandenburger Verwaltung und Politik konstruktiv begleitet haben. Gleiches gilt auch für die vielen Mitarbeitenden in den Ministerien, Behörden und kommunalen Verwaltungseinheiten, die uns ihr Feedback gegeben und ihr Fachwissen geteilt haben. Nicht zuletzt sind an dieser Stelle die vielen Stakeholder sowie die interessierten Bürgerinnen und Bürger zu nennen, die im Rahmen eines im Vergleich mit anderen Strategien des Landes sehr umfangreichen Beteiligungsprozesses ebenfalls wertvolle Hinweise und wichtige Impulse für das vorliegende Gutachten gegeben haben. Es liegt in der Natur der Dinge, dass nicht alle Vorschläge berücksichtigt und nicht alle der – teilweise auch widersprüchlichen – Kommentare und Hinweise aufgegriffen werden konnten. Das Gutachten ist also im Prozess sehr interaktiv entstanden, für das vorliegende Endprodukt tragen jedoch allein die Autorinnen und Autoren die Verantwortung.

Prof. Dr. Bernd Hirschl

Zitiervorschlag

Hirschl, Bernd; Torliene, Lukas; Schwarz, Uwe; Dunkelberg, Elisa; Weiß, Julika; Katner, Jannes; Hirschberg, Raoul; Schirok, Jörn; Weyer, Gregor; Wagner, Kathrin; Kenneweg, Hartmut; Bluhm, Hannes; Bode, Annika (2022): Gutachten zum Klimaplan Brandenburg – Endbericht. Im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg; Berlin, Potsdam, Cottbus.

Unter Mitwirkung von (in alphabetischer Reihenfolge):

Michelle Biallowons; Jonas Gothe; Sebastian Gütte; Marlen Ihm; Christoph Lange; Clara Lenk; Racion Nowak; Josphe Pscherer; Martina Richwien; Anne Schalling; Ayush Sharma; Huy Tran-Kracher; Josa Zeitlinger; Dana Zwenzner.

Inhaltsübersicht

1	Zusammenfassung	1
1.1	Auftrag und Prozess.....	1
1.2	Ausgangslage	2
1.3	Szenarien für ein klimaneutrales Brandenburg.....	3
1.4	Empfohlene Zielwerte für ein klimaneutrales Brandenburg	17
1.5	Strategie- und Maßnahmenempfehlungen	19
2	Einführung.....	32
2.1	Hintergrund und Erarbeitung.....	32
2.2	Die Ausgangslage	34
3	Szenarien für ein klimaneutrales Brandenburg.....	36
3.1	Methodik und übergreifende Annahmen.....	36
3.2	Sektor Energiewirtschaft	48
3.3	Sektor Gebäude	66
3.4	Sektor Verkehr	84
3.5	Sektor Industrie	98
3.6	Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges.....	115
3.7	Sektor Landwirtschaft.....	124
3.8	Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF).....	144
3.9	Gesamtüberblick Szenarienergebnisse und Empfehlung für Zielwerte	182
4	Strategie- und Maßnahmenempfehlungen	206
4.1	Eine Klimaschutzstrategie für Brandenburg.....	206
4.2	Handlungsfeld 1: Energie und Wasserstoffwirtschaft	209
4.3	Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie	233
4.4	Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen und Wohnen	254
4.5	Handlungsfeld 4: Verkehr und Mobilität	285
4.6	Handlungsfeld 5: Landwirtschaft und Ernährung.....	325
4.7	Handlungsfeld 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft.....	353
4.8	Handlungsfeld 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung.....	368
4.9	Handlungsfeld 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte.....	409
5	Literaturverzeichnis.....	432
6	Anhang	455
6.1	Verzeichnisse.....	455
6.2	Bilanzdaten	465
6.3	Zwischen- und Sektorzielwerte gemäß Kabinettsbeschluss	471
6.4	Liste aller Maßnahmenempfehlungen.....	472

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
1.1	Auftrag und Prozess.....	1
1.2	Ausgangslage	2
1.3	Szenarien für ein klimaneutrales Brandenburg.....	3
1.3.1	Methodik und übergreifende Annahmen	3
1.3.2	Sektorszenarien.....	4
1.3.3	Ausgewählte Gesamtergebnisse.....	12
1.4	Empfohlene Zielwerte für ein klimaneutrales Brandenburg	17
1.5	Strategie- und Maßnahmenempfehlungen	19
1.5.1	Zur Methodik und Struktur	19
1.5.2	Strategische Schwerpunkte	21
2	Einführung.....	32
2.1	Hintergrund und Erarbeitung.....	32
2.2	Die Ausgangslage	34
3	Szenarien für ein klimaneutrales Brandenburg.....	36
3.1	Methodik und übergreifende Annahmen.....	36
3.1.1	Methodik und Szenariodesign	36
3.1.2	Übergreifende Annahmen und Abstimmungen	41
3.2	Sektor Energiewirtschaft	48
3.2.1	Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen	48
3.2.2	Szenario I: „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	57
3.2.3	Szenario II: „Mehr grüne Brennstoffe“	59
3.2.4	Vergleich und Diskussion der Szenarien.....	60
3.3	Sektor Gebäude	66
3.3.1	Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen	66
3.3.1.1	<i>Abbildung des Status quo in einem energetischen Gebäudemodell.....</i>	<i>66</i>
3.3.1.2	<i>Übergreifende Annahmen und Restriktionen für die Szenarien</i>	<i>69</i>
3.3.2	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	73
3.3.3	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“	76
3.3.4	Vergleich und Diskussion der Szenarien.....	79
3.4	Sektor Verkehr	84
3.4.1	Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen	84
3.4.2	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	87
3.4.3	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“	91
3.4.4	Vergleich und Diskussion der Szenarien.....	94
3.5	Sektor Industrie	98
3.5.1	Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen	98
3.5.2	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	104
3.5.3	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“	106
3.5.4	Vergleich und Diskussion der Szenarien.....	108
3.6	Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges.....	115
3.6.1	Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen	115
3.6.2	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	118

3.6.3	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“	120
3.6.4	Vergleich und Diskussion der Szenarien	121
3.7	Sektor Landwirtschaft.....	124
3.7.1	Aktualisierung der Datengrundlage	124
3.7.2	Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen.....	127
3.7.3	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	138
3.7.4	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“	141
3.7.5	Vergleich und Diskussion der Szenarien	141
3.8	Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)	144
3.8.1	Referenzszenarien auf Basis der Thünen-Submission 2022	144
3.8.2	Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen.....	151
3.8.2.1	<i>Aktualisierung der Zielszenarien auf Basis der Thünen-Submission 2022</i>	<i>151</i>
3.8.2.2	<i>Szenariodesign Wald.....</i>	<i>153</i>
3.8.2.3	<i>Szenariodesign Organische Böden des Offenlandes (Mooremissionen).....</i>	<i>161</i>
3.8.2.4	<i>Szenariodesign zu sonstigen Handlungsschwerpunkten des Offenlands.....</i>	<i>165</i>
3.8.2.5	<i>Szenariodesign zu Siedlungen</i>	<i>166</i>
3.8.2.6	<i>Szenariodesign in der Gesamtschau.....</i>	<i>167</i>
3.8.3	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	169
3.8.4	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“	175
3.8.5	Vergleich und Diskussion der Szenarien	177
3.9	Gesamtüberblick Szenarienergebnisse und Empfehlung für Zielwerte	182
3.9.1	Gesamtergebnisse im Überblick	182
3.9.2	Diskussion der Vorzugswürdigkeit der Szenarien	199
3.9.3	Empfehlungen für Reduktions- und Sektorziele für das Land Brandenburg	202
4	Strategie- und Maßnahmenempfehlungen.....	206
4.1	Eine Klimaschutzstrategie für Brandenburg	206
4.2	Handlungsfeld 1: Energie und Wasserstoffwirtschaft	209
4.2.1	Strategieempfehlungen	209
4.2.2	Maßnahmenempfehlungen	215
4.2.2.1	<i>HF 1-1: Freiflächenpotenziale erweitern und deren Nutzung anreizen</i>	<i>216</i>
4.2.2.2	<i>HF 1-2: Freiflächenausbau, Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsprozessen ermöglichen</i>	<i>218</i>
4.2.2.3	<i>HF 1-3: Akzeptanz durch mehr Nutzen vor Ort schaffen.....</i>	<i>221</i>
4.2.2.4	<i>HF 1-4: Versiegelte Flächen in signifikantem Ausmaß verpflichtend für PV nutzen.....</i>	<i>222</i>
4.2.2.5	<i>HF 1-5: Dekarbonisierung der Fernwärme fördern.....</i>	<i>224</i>
4.2.2.6	<i>HF 1-6: Wasserstoff und Synthetische Gase, dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung ausbauen.....</i>	<i>227</i>
4.2.2.7	<i>HF 1-7: Förderung von strombasierten, teilautarken Quartieren mit Inselnetzfähigkeit</i>	<i>230</i>
4.2.2.8	<i>HF 1-8: Umbau thermischer Kraftwerke steuern und unterstützen</i>	<i>231</i>
4.3	Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie	233
4.3.1	Strategieempfehlungen	233
4.3.2	Maßnahmenvorschläge	237
4.3.2.1	<i>HF 2-1: Erneuerbare Energien für die Wirtschaft</i>	<i>239</i>
4.3.2.2	<i>HF 2-2: Effizienz für die Wirtschaft</i>	<i>241</i>
4.3.2.3	<i>HF 2-3: Klimaneutrale Produkte und Kreislaufwirtschaft</i>	<i>243</i>
4.3.2.4	<i>HF 2-4: CCU und CCS für Klimaneutralität vorbereiten</i>	<i>246</i>
4.3.2.5	<i>HF 2-5: Substitution von F-Gasen</i>	<i>248</i>

	4.3.2.6	<i>HF 2-6: Industriestrategie für Klimaneutralität und Nachhaltigkeit</i>	249
	4.3.2.7	<i>HF 2-7: Strukturwandel: Raffinerie</i>	251
	4.3.2.8	<i>HF 2-8: Genehmigungsprozesse für die klimaneutrale Transformation</i>	252
4.4		Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen und Wohnen	254
	4.4.1	Strategieempfehlungen	254
	4.4.2	Maßnahmenvorschläge	258
	4.4.2.1	<i>HF 3-1: Schaffung eines Rechtsrahmens für die Wärmewende und die kommunale Wärmeplanung auf Landesebene</i>	263
	4.4.2.2	<i>HF 3-2: Bereitstellung der Ressourcen für die Umsetzung der Wärmewende und die kommunale Wärmeplanung</i>	265
	4.4.2.3	<i>HF 3-3: Bereitstellung von Daten und Fachgutachten für die kommunale Wärmeplanung und Dekarbonisierung der Wärmenetze</i>	267
	4.4.2.4	<i>HF 3-4: Vorbildwirkung Landesliegenschaften</i>	269
	4.4.2.5	<i>HF 3-5: Verbesserung von Vollzug und Genehmigungsverfahren</i>	271
	4.4.2.6	<i>HF 3-6: Information und Beratung privater Haushalte</i>	273
	4.4.2.7	<i>HF 3-7: Einführung neuer landeseigener Förderungen</i>	275
	4.4.2.8	<i>HF 3-8: Ressourcenschonendes Wohnen und Bauen</i>	278
	4.4.2.9	<i>HF 3-9: Qualifizierung und Qualitätssicherung</i>	280
	4.4.2.10	<i>HF 3-10: Fachkräfteausbau im Bereich Wärmewende und Bauen</i>	281
	4.4.2.11	<i>HF 3-11: Sozialverträglichkeit energetischer Sanierungen</i>	282
	4.4.2.12	<i>HF 3-12: Klimaschutzvereinbarungen mit zentralen Akteuren der Gebäudeenergiewende</i>	283
4.5		Handlungsfeld 4: Verkehr und Mobilität	285
	4.5.1	Strategieempfehlungen	285
	4.5.2	Maßnahmenempfehlungen	289
	4.5.2.1	<i>HF 4-1: Kompetenzzentrum klimaneutrale Mobilität</i>	296
	4.5.2.2	<i>HF 4-2: Raum- und Verkehrsplanung sowie Planungsumsetzung</i>	298
	4.5.2.3	<i>HF 4-3: Bereitstellung und Ausbau ÖPNV-Angebot und -Infrastruktur</i>	300
	4.5.2.4	<i>HF 4-4: Attraktivität des ÖPNV für Fahrgäste steigern</i>	302
	4.5.2.5	<i>HF 4-5: Antriebswende bei Bus und Bahn</i>	305
	4.5.2.6	<i>HF 4-6: Reduktion von Fahrten im MIV</i>	307
	4.5.2.7	<i>HF 4-7: Nutzung des öffentlichen Raumes</i>	309
	4.5.2.8	<i>HF 4-8: Unterstützung der Antriebswende im MIV</i>	311
	4.5.2.9	<i>HF 4-9: Förderung des Rad- und Fußverkehrs</i>	314
	4.5.2.10	<i>HF 4-10: Verlagerung und Vermeidung von Güterverkehr</i>	315
	4.5.2.11	<i>HF 4-11: Verlagerung und Vermeidung von Wirtschaftsverkehr</i>	318
	4.5.2.12	<i>HF 4-12: Unterstützung der Antriebswende im Güter- und Wirtschaftsverkehr</i>	320
	4.5.2.13	<i>HF 4-13: Reduktion der Flugemissionen</i>	322
4.6		Handlungsfeld 5: Landwirtschaft und Ernährung	325
	4.6.1	Strategieempfehlungen	325
	4.6.2	Maßnahmenempfehlungen	329
	4.6.2.1	<i>HF 5-1: Reduktion der Methan- und Lachgasemissionen in der Tierhaltung</i>	332
	4.6.2.2	<i>HF 5-2: Reduktion des Konsums tierischer und Stärkung pflanzlicher Produkte</i>	334
	4.6.2.3	<i>HF 5-3: Reduktion von Lachgasemissionen und Steigerung der Stickstoffeffizienz</i>	336
	4.6.2.4	<i>HF 5-4: Reduktion der Lachgasemissionen bei ackerbaulicher Bodennutzung durch Mineralisierung</i>	338
	4.6.2.5	<i>HF 5-5: Erhöhung der Flächenumwandlung von Acker- zu Grünland sowie Erhalt und Umbruchverbot von Dauergrünland</i>	340

4.6.2.6	<i>HF 5-6: Erhöhung des Anteils von gehölzartigen Strukturelementen (Feldgehölze, Hecken, Knicks, Baumreihen, Alleen) und Agroforstsystemen sowie Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen</i>	341
4.6.2.7	<i>HF 5-7: Reduktion des Energieeinsatzes in der Landwirtschaft</i>	343
4.6.2.8	<i>HF 5-8: Stärkung des Ökolandbaus und einer klimaschonenden Landwirtschaft</i>	345
4.6.2.9	<i>HF 5-9: Aufbau überbetrieblicher Konzepte zur Nutzung von Wirtschaftsdünger und landwirtschaftlicher Reststoffe</i>	347
4.6.2.10	<i>HF 5-10: Steuerung und Förderung landwirtschaftlicher Energieerzeugung</i>	349
4.6.2.11	<i>HF 5-11: Verankerung der Themen Klimaschutz und Ernährung in der landwirtschaftlichen und pädagogischen Berufsausbildung</i>	351
4.7	Handlungsfeld 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft	353
4.7.1	Strategieempfehlungen	353
4.7.2	Maßnahmenvorschläge	358
4.7.2.1	<i>HF 6-1: Reduktion von Treibhausgasemissionen auf Deponien und bei der Verbrennung</i>	359
4.7.2.2	<i>HF 6-2: Nachhaltige Abfallverwertung und Abwasservorbehandlung</i>	360
4.7.2.3	<i>HF 6-3: Stärkung der Kreislaufwirtschaft – Produkte</i>	362
4.7.2.4	<i>HF 6-4: Stärkung der Kreislaufwirtschaft – Abfallvermeidung</i>	364
4.7.2.5	<i>HF 6-5: Reduktion von CO₂ im Abfalltransport</i>	366
4.8	Handlungsfeld 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung	368
4.8.1	Strategieempfehlungen	368
4.8.1.1	<i>Handlungsschwerpunkt Klimaangepasste und klimaschonende Waldbewirtschaftung; Schutz der Wälder; Waldflächenvermehrung</i>	370
4.8.1.2	<i>Handlungsschwerpunkt Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung mineralischer Böden und Steigerung der Offenland-Biomasse</i>	373
4.8.1.3	<i>Handlungsschwerpunkt Moorschutz sowie nachhaltige Bewirtschaftung von Moorböden und sonstigen organischen Böden</i>	373
4.8.1.4	<i>Handlungsschwerpunkt Klimaschonende Flächennutzung, Siedlungs- und Regionalentwicklung</i>	379
4.8.2	Maßnahmenvorschläge	379
4.8.2.1	<i>Maßnahmenbündel Klimaangepasste und klimaschonende Waldbewirtschaftung; Schutz der Wälder; Waldflächenvermehrung</i>	381
4.8.2.1.1	<i>HF 7-1: Waldumbau</i>	381
4.8.2.1.2	<i>HF 7-2: Naturnaher Waldbau / Naturverjüngung</i>	382
4.8.2.1.3	<i>HF 7-3: Wahrung der Nachhaltigkeit im Sinne der Holzwirtschaft</i>	384
4.8.2.1.4	<i>HF 7-4: Aufgabe der forstlichen Bewirtschaftung ausgewählter Teilflächen</i>	385
4.8.2.1.5	<i>HF 7-5: Waldschutzmaßnahmen</i>	386
4.8.2.1.6	<i>HF 7-6: Schutz bestehender Waldflächen, Waldflächenvermehrung</i>	388
4.8.2.1.7	<i>HF 7-7: Optimierung Holzproduktespeicher</i>	390
4.8.2.2	<i>Maßnahmenbündel Handlungsschwerpunkt Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung mineralischer Böden und Steigerung der Offenland-Biomasse</i>	391
4.8.2.3	<i>Maßnahmenbündel Moorschutz</i>	391
4.8.2.3.1	<i>HF 7-8: Grünlandetablierung auf Ackerflächen in der Niedermoorkulisse</i>	391
4.8.2.3.2	<i>HF 7-9: Wiedervernässung von Grünlandflächen (und vormaligen Ackerflächen), Etablierung landwirtschaftlicher Nachnutzungen</i>	392
4.8.2.3.3	<i>HF 7-10: Bestockung von wiedervernässten Flächen mit Erle und andere Arten der Hart- und Weichholzaue</i>	394
4.8.2.3.4	<i>HF 7-11: Wiedervernässung von Mooren im Wald</i>	395
4.8.2.3.5	<i>HF 7-12: Aufstellung konzeptioneller Grundlagen für Moorschutz in Brandenburg, Anpassung des Rechtsrahmens für die Moorwiedervernässung</i>	396

4.8.2.3.6	HF 7-13: Effiziente administrative Strukturen für die Planung und Umsetzung von Moorschutzmaßnahmen - Mooragentur Brandenburg	398
4.8.2.3.7	HF 7-14: Schaffung und Einführung von Finanzierungsinstrumenten zur Umsetzung der Moorwiedervernässung; Einrichtung des „Moorfonds Brandenburg“	400
4.8.2.3.8	HF 7-15: Schaffung und Einführung von Entschädigungs-, Kompensations- und Förderinstrumenten zum Moorschutz.....	401
4.8.2.3.9	HF 7-16: Flurneuordnungsverfahren zum Zwecke der Wiedervernässung	404
4.8.2.3.10	HF 7-17: Aufbau Flächenpool zum Zwecke der Wiedervernässung	405
4.8.2.3.11	HF 7-18: Wertschöpfungsketten nasse Landwirtschaft, Strukturen für eine Markteinführung (Abnahmegarantien).....	406
4.8.2.4	<i>Maßnahmenbündel Klimaschonende Flächennutzung/Siedlungs- und Regionalentwicklung.....</i>	<i>407</i>
4.8.2.4.1	HF 7-19: Klimaschonende Siedlungsentwicklung	407
4.9	Handlungsfeld 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte.....	409
4.9.1	HF 8-1: Klima-Governance	410
4.9.2	HF 8-2: Vorbildrolle öffentliche Hand.....	415
4.9.3	HF 8-3: Klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung	419
4.9.4	HF 8-4: Klimaneutralität braucht Fach- und Arbeitskräfte	422
4.9.5	HF 8-5: Bildung, Wissenschaft und Forschung	424
4.9.6	HF 8-6: Akzeptanz und Verbraucherschutz.....	427
4.9.7	HF 8-7: Bioökonomie	430
5	Literaturverzeichnis.....	432
6	Anhang	455
6.1	Verzeichnisse.....	455
6.1.1	Abbildungsverzeichnis	455
6.1.2	Tabellenverzeichnis	457
6.1.3	Abkürzungsverzeichnis und Einheiten.....	461
6.2	Bilanzdaten	465
6.3	Zwischen- und Sektorzielwerte gemäß Kabinettsbeschluss	471
6.4	Liste aller Maßnahmenempfehlungen.....	472
6.4.1	Handlungsfeld 1: Energie und Wasserstoffwirtschaft.....	472
6.4.2	Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie	473
6.4.3	Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen und Wohnen	474
6.4.4	Handlungsfeld 4: Verkehr und Mobilität.....	476
6.4.5	Handlungsfeld 5: Landwirtschaft und Ernährung	480
6.4.6	Handlungsfeld 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft	480
6.4.7	Handlungsfeld 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung	481
6.4.8	Handlungsfeld 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte	482

1 Zusammenfassung

1.1 Auftrag und Prozess

Bereits der Koalitionsvertrag der aktuellen Brandenburger Regierung aus dem Jahr 2019 sieht die erstmalige Erarbeitung eines Klimaplanes als verbindliche Klimaschutzstrategie des Landes Brandenburg vor. Der Klimaplan soll als landesbezogene Klimaschutzstrategie Maßnahmen zur Treibhausgasminde rung und zur Erhöhung der Leistung natürlicher Senken beinhalten, welche die im Klimakontext ebenfalls relevanten Einzelstrategien der Ressorts ergänzt und einbezieht. Die ressortübergreifende Koordinierung der Erstellung des Klimaplanes erfolgt in einer Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMAG) Klimaplan unter Federführung des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt, und Klimaschutz (MLUK). Das MLUK hat im Mai 2021 zur Erstellung der fachlichen Grundlagen des Klimaplanes ein Projektteam unter der Leitung des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) mit der Erarbeitung eines Gutachtens beauftragt. Am 16. November 2021 hat die Brandenburger Landesregierung die Zielsetzung für den Klimaplan auf den Zielwert des Bundesklimaschutzgesetzes aktualisiert, nach der nun Klimaneutralität¹ spätestens für das Jahr 2045 angestrebt wird.

Die Schritte des Gutachtens wurden in mehreren Beteiligungsbausteinen mit einer Vielzahl von Akteuren diskutiert. Dabei wurden sowohl im Austausch mit dem MLUK und den weiteren zuständigen Fachressorts und Behörden der Landesverwaltung als auch im Rahmen des Beteiligungsprozesses mit verschiedenen Workshop- und Online-Formaten bereits in frühen Phasen Impulse und Ideen eingesammelt und Feedbacks zu Grobentwürfen und Konzepten von Szenarien und Maßnahmen eingeholt. In weiteren partizipativen Runden mit den Akteuren wurden konkretere Ausarbeitungen, Zwischenergebnisse und Vorschläge zur Diskussion gestellt und angereichert.

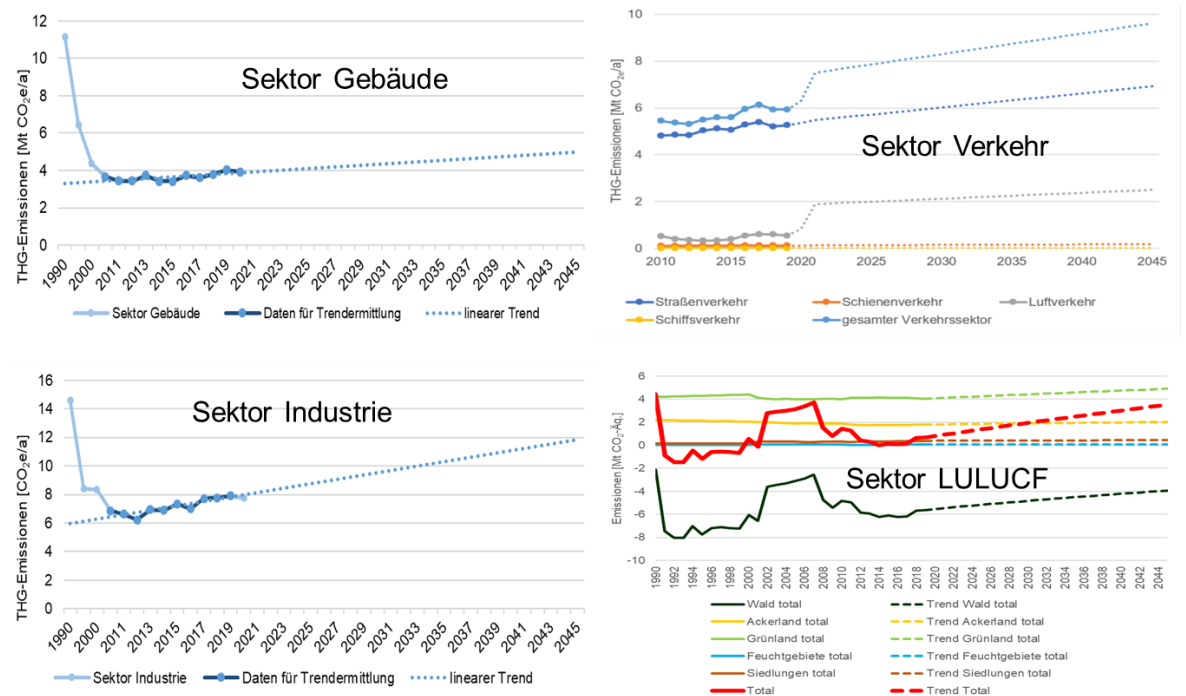
Zu Beginn des Gutachtens erfolgte eine Bestands- und Trendanalyse, die im Rahmen eines Zwischenberichts veröffentlicht wurde (Hirschl et al. 2022). In diesem Zwischenbericht werden auch methodische Grundlagen dargelegt und maßgebliche Handlungsfelder entwickelt. Diese bildeten die Grundlage für den im November 2021 vom Brandenburger Kabinett verabschiedeten Beschluss zu den relevanten Handlungsfeldern des Klimaplanes: Energie und Wasserstoffwirtschaft, Klimaneutrale Industrie, Wärmewende, Bauen und Wohnen, Verkehr und Mobilität, Landwirtschaft und Ernährung, Abfall und Kreislaufwirtschaft, Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung sowie Übergreifende Handlungsschwerpunkte.

Im Rahmen dieses Gutachtens werden gemäß Auftrag zwei Zielszenarien zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 entwickelt. Da sich das zentrale Szenariomodell an den Bilanzierungsvorgaben des Bundesklimaschutzgesetzes (KSG) orientiert, erfolgt hierbei eine Strukturierung in die KSG-Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie, Abfallwirtschaft und Sonstiges, Landwirtschaft sowie Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). Im Ergebnis wird ein Szenario favorisiert und als vorzugswürdig vorgeschlagen. Die Ergebniswerte dieses Szenarios bildeten die Grundlage für die Verabschiedung von Zwischen- und Sektorzielen

¹ Im Rahmen des Gutachtens wird der Begriff der Klimaneutralität vereinfachend gleichgesetzt mit der Treibhausgasneutralität (THG-Neutralität). Klimaneutralität umfasst noch weitere Klimawirkungen wie beispielsweise durch Wärmrückstrahlungseffekte von Oberflächen (sog. Albedo), die jedoch mit den derzeit verfügbaren Bilanzierungsmethoden nicht erfasst werden können.

Abbildung 2: Trendanstiege der THG-Emissionen der Sektoren Gebäude, Verkehr, Industrie und LULUCF

Quelle: Hirschl et al. (2022).



1.3 Szenarien für ein klimaneutrales Brandenburg

1.3.1 Methodik und übergreifende Annahmen

Die Szenarienanalyse erfolgt auf der Basis der Treibhausgasbilanzierung nach KSG-Sektoren für die Zwischenzieljahre 2030 und 2040 und das vom Land Brandenburg beschlossene Klimaneutralitätsjahr 2045. Die beiden zu erstellenden Zielszenarien wurden in ihrer grundsätzlichen Ausrichtung auf der Basis einer umfangreichen Auswertung der in der aktuellen fachlichen Debatte maßgeblichen Studien sowie nach mehreren Diskussionen mit den Fachressorts und einbezogenen Stakeholdern festgelegt. Daraus ergaben sich als grundsätzliche Narrative bzw. Technologieschwerpunkte das Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ gegenüber dem Szenario II mit einem Fokus auf „Mehr grüne Brennstoffe“. Dabei geht es um verstärkte Ausprägungen der hier benannten Schwerpunktthemen der Szenarien, nicht um ein Entweder-oder. Effizienz umfasst hier Energie und Ressourcen, ebenso aber auch mehr Suffizienz. Grüne Brennstoffe umfasst alle organischen und synthetischen Produkte, die aus erneuerbaren Energien sowie auf der Basis klimaneutraler Prozesse hergestellt werden.

Diese grundsätzlichen Narrative werden je Sektor interpretiert und auf zentrale sektorale Indikatoren und Parameter übertragen. Bei der Wahl von sektorspezifischen Annahmen wurde im Sinne der Zielerreichung ein hohes Ambitionsniveau je Sektorsegment und Klimaschutztechnologie angesetzt, bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Hemmnissen und Zielkonflikten insbesondere in den ersten Umsetzungsjahren, um möglichst realistische Entwicklungspfade aufzeigen zu können. Solche Restriktionen sind beispielsweise die allgemein zu berücksichtigenden Verzögerungen in der Wirkung von Maßnahmen (Hochlaufeffekte), der Fachkräftemangel oder die aktuell

hohen Preisniveaus und Liefer(ketten)probleme in verschiedenen Bereichen. Das hohe Ambitionsniveau wird demgegenüber auch von bundespolitischer Seite sowie seitens der EU-Politik sowohl vorgegeben als auch unterstützt; davon wird auch längerfristig ausgegangen.

Zu den übergreifenden Annahmen, die für beide Szenarien und sektorübergreifend gleich angesetzt wurden, zählen solche Parameter, die eine sehr starke oder dominierende Wirkung auf die Ergebnisse haben, selbst aber nur einen indirekten Klimaschutzbezug aufweisen. Dies sind im Wesentlichen die Bevölkerungsentwicklung, die als annähernd stabil angesetzt wurde, sowie eine langfristig ebenfalls stabile, leicht ansteigende wirtschaftliche Entwicklung des Landes Brandenburg gemäß Bundestrend. Darüber hinaus wurde der Kohleausstieg gleich modelliert und in den 2030er Jahren angesetzt, so dass im Zieljahr 2040 keine Kohleemissionen mehr vorhanden sind. Aus klimapolitischer Sicht sollte – das zeigt der Zwischenbericht des Gutachtens bereits klar auf – der Kohleausstieg so früh wie möglich vollzogen werden. Aus Gründen der Energiesicherheit wird dies nur gelingen, wenn es bereits bis 2030 ein sehr hohes Ausbauniveau erneuerbarer Energien geben wird, weshalb auch dies – mit leichten Unterschieden – in den Szenarien angesetzt ist. Auch eine heimische Produktion von Wasserstoff und grünen Energieträgern findet in beiden Szenarien statt, insbesondere der Importanteil fällt jedoch im Szenario II durch den höheren Energiebedarf deutlich höher aus. Die Bioenergie stagniert bzw. nimmt in einzelnen Segmenten ab, und es gibt eine Verschiebung hin zu Rest- und Abfallstoffen sowie insgesamt zur (stofflichen) Bioökonomie.

1.3.2 Sektorszenarien

Für alle Sektoren wurden spezifische Szenariendesigns mit eigenen Annahmen und Ausprägungen entwickelt und die Effekte in spezifischen sektoralen Teilmodellen ermittelt. Im Ergebnis wurden daraus jeweils die Energieträgerbedarfe sowie die nicht-energiebezogenen THG-Emissionen ermittelt, die in der Folge in der Gesamtbilanz aggregiert werden. Nachfolgend werden an dieser Stelle einige ausgewählte Schlaglichter der sektoralen Szenarienkonzeption und –ergebnisse wiedergegeben.

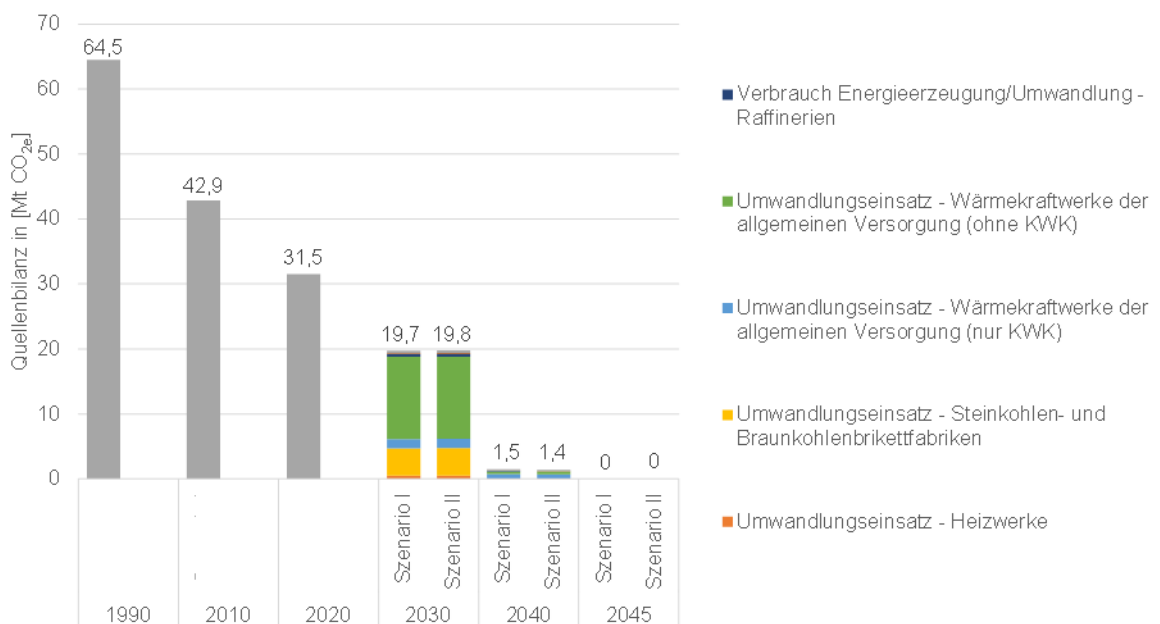
Für den **Sektor Energiewirtschaft** wurde davon ausgegangen, dass die derzeit im Land in großem Ausmaß installierte gesicherte Kraftwerksleistung (Braunkohle-Großkraftwerke) in Zukunft verstärkt bundesweit und dezentral in Form von kleineren Einheiten (z. B. modulare Gaskraftwerke) verteilt sein wird, damit die Abwärme effizient und möglichst vollständig vor Ort genutzt werden kann. Der Kohleausstieg erfolgt Anfang der 2030er Jahre und ermöglicht die drastische Absenkung der Treibhausgase sowie die Abkehr von ineffizienter Kraftwerksproduktion ohne KWK, wie die Abbildung 3 verdeutlicht. Auch beim Ansatz der Elektrolyseure in Brandenburg mit 350 MW_{el} im Szenario I sowie 600 MW_{el} im Szenario II wurde eine dezentrale Verteilung und effiziente Abwärmenutzung angenommen. Voraussetzung für den Kohleausstieg ist ein ab sofort zu beschleunigender Ausbau der erneuerbaren Energien. Der Ausbau von Windenergie steigt in den Szenarien I bzw. II bis 2045 auf 15 bzw. 18 GW an, der Zielwert der Photovoltaik liegt sogar bei 40 bzw. 60 GW.² Die energiewirtschaftliche Abfallverbrennung läuft angesichts erforderlicher Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen bis 2045 aus. Die Raffinerieproduktion geht insgesamt zurück

² Die nach Festlegung unseres Szenariodesigns vom Landtag und von der Landesregierung im Rahmen der Energiestrategie 2040 beschlossenen Ausbauziele für Windenergie (11,5 GW bis 2030, 15 GW bis 2040) stimmen in etwa mit den Werten in diesem Gutachten überein. Unsere Szenariowerte für den Photovoltaik-Ausbau entsprechen genau den von der Landesregierung in der Energiestrategie festgelegten Zielwerten.

und wird im Szenario I auf mehrere dezentrale Produktionsstätten mit unterschiedlichen Produkten verteilt, um auch hier die hohen Abwärmepotenziale effizient nutzen zu können. Der Gasmix verändert sich bis 2045 fundamental, da dann kein Erdgas mehr enthalten ist, dafür je 50 % grüner Wasserstoff und grünes Methan. Bis 2030 liegt der Anteil an Grüngasen jedoch erst bei 10 %, da die bis dahin geringen verfügbaren Mengen für andere Anwendungen benötigt werden. In der Fernwärme nehmen die Anteile der Abwärme und der geothermischen Anwendungen sowie Power to Heat deutlich zu. Während im Szenario I die Wasserstoff- und Grüngasbedarfe überwiegend im Land selbst erzeugt werden können, übersteigt der Wasserstoffbedarf im Szenario II (2030 ca. 5 TWh, 2045 ca. 25 TWh; Größenordnung analog zur Wasserstoffstrategie des Landes) die Eigenproduktion und muss mit Importen ergänzt werden. Im Vergleich der beiden Szenarien zeigen sich, trotz in Teilen deutlich unterschiedlicher Annahmen, im Ergebnis bei den Treibhausgasemissionen auf der Ebene der Quellenbilanz keine signifikanten Unterschiede.

Abbildung 3: THG-Emissionen des KSG-Sektors Energiewirtschaft

Quellen: Eigene Darstellung nach LfU (2021), Thünen (2020), AfS BBB (2019a), UBA (2021c).



Beim **Sektor Gebäude**, der gemäß KSG alle Emissionen aus dem Brennstoffeinsatz für Wärme, Kühlung und Prozesse aus den Bereichen Wohnen und Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) umfasst, werden aufgrund der quellbilanzbezogenen Betrachtung die netzgebundene Wärme und Kälte ausgeblendet, die der Energiewirtschaft zugeordnet ist (s. o.). Die Entwicklung von Raumwärme und Warmwasser wurde mit Hilfe eines differenzierten Gebäudemodells ermittelt. Bezüglich der Wohnflächenentwicklung wurde in beiden Szenarien angenommen, dass diese ab 2030 nicht mehr ansteigt. Ab 2030 wurde zudem ein verpflichtender, sehr hoher Neubaustandard angesetzt. Die Sanierungsraten wurden mit 2,5 % ab 2030 im Szenario I bzw. 2,0 % im Szenario II angesetzt, was einerseits im Vergleich zur seit Jahren bei maximal einem Prozent liegenden Rate anspruchsvoll ist, andererseits jedoch auch bundespolitisch angestrebt und somit instrumentell unterstützt werden wird. Auch die Sanierungstiefe und die Heizungsaustauschrate liegen im Szenario I höher, beispielsweise wird von einem Austausch von 50 % der Heizungen bis 2030 (ggü. 40 % im Szenario II) ausgegangen. Während bei den Energieträgern im Szenario I langfristig die Wärmepumpe (vorrangig Einzelhäuser) und Fernwärme (vorrangig Mehrfamilien-

häuser und Nichtwohngebäude) dominiert, gibt es im Szenario II auch langfristig noch höhere Anteile gasbasierter Wärme in allen Segmenten (siehe Abbildung 4). In Summe gehen im Szenario I bis 2045 die Wärmebedarfe um ca. 40 % gegenüber heute zurück und im Szenario II um 35 %. Bis 2030 lassen sich demgegenüber bei konsequentem Hochfahren in allen Bereichen etwa 10 % des Wärmebedarfs einsparen (ebda.). Deutlich stärker werden bis dahin jedoch in beiden Szenarien die THG-Emissionen reduziert (siehe Abbildung 5), wobei dies im Szenario I stärker erfolgt. Bis 2045 sinken die Emissionen in beiden Szenarien auf null, wenn bis dahin die vollständig klimaneutrale Strom- und Gasversorgung Realität wird.

Abbildung 4: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in PJ von 2018 bis 2045 für Raumwärme und Warmwasser in beiden Szenarien

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung.

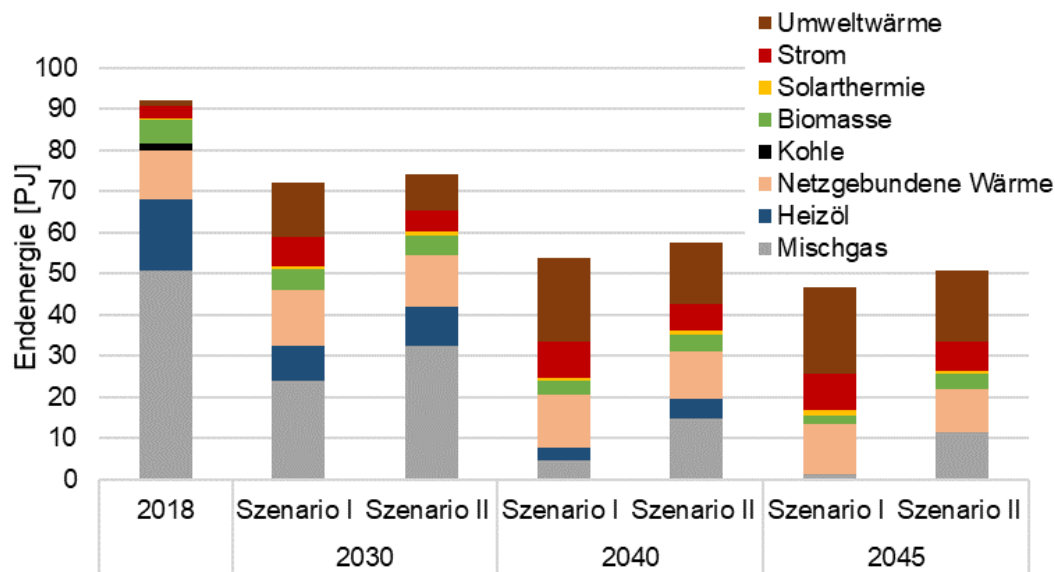
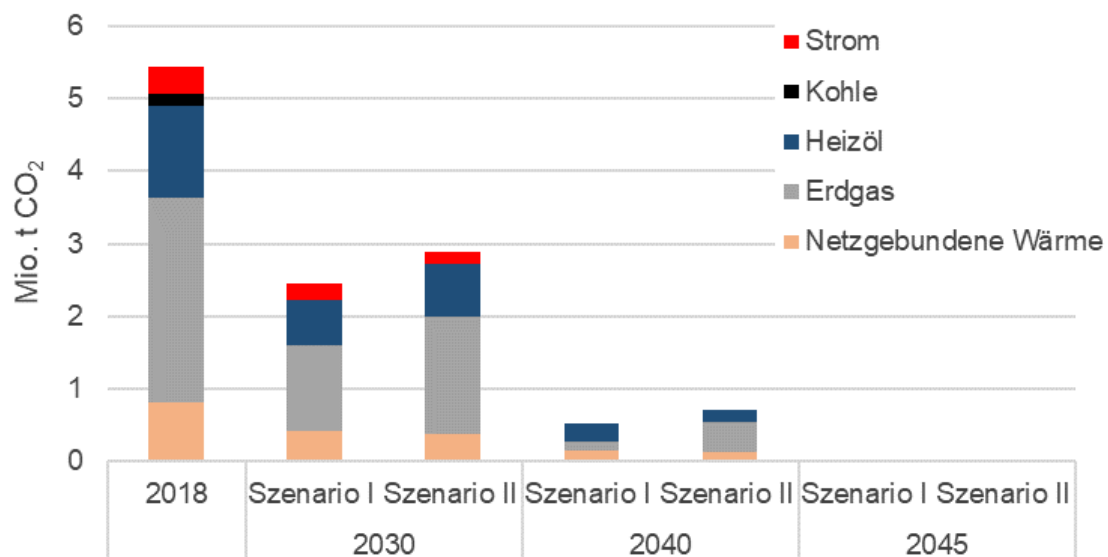


Abbildung 5: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} von 2018 bis 2045 für Raumwärme und Warmwasser in beiden Szenarien nach Verursacherbilanz

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung



Im **Verkehrssektor** werden gemäß des KSG alle Emissionen bilanziert, die beim Transport von Personen oder Gütern im Bundesland Brandenburg durch die Verbrennung fossiler Kraftstoffe entstehen; biogene oder strombasierte Kraftstoffe werden demgegenüber in anderen Sektoren bilanziert. In beiden Szenarien erfolgen weitreichende Veränderungen in Richtung Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung zum Umweltverbund bei gleichzeitig deutlichem Rückgang des klassischen motorisierten Individualverkehrs (MIV). Bei den Antrieben wird im Szenario I vorrangig Strom in batteriebetriebenen Fahrzeugen genutzt, während im Szenario II – trotz weiterhin gegebener Dominanz der E-Mobilität - vermehrt auch Wasserstoff, biogene und strombasierte synthetische Kraftstoffe genutzt werden (Abbildung 6). Die konsequente Stärkung des Umweltverbunds, ein Rückgang des MIV bei Zunahme von Mobilitätsformen wie Carsharing, aber auch eine um 30 % wachsende Güterverkehrsleistung wurde für beide Szenarien gleichermaßen angesetzt – ebenso wie ein Zulassungsverbot für Verbrennerautos in den frühen 2030er Jahren und ein stark wachsendes Schienenangebot. Auch der Flugverkehr, der durch die Eröffnung des BER nun bilanziell nur noch Brandenburg zugeschlagen wird, wurde gleich angesetzt, mit perspektivisch sinkendem Flugaufkommen. Im Ergebnis sinkt der Endenergieverbrauch des Szenario I bereits bis 2030 um rund ein Drittel, langfristig um mehr als Hälfte. Demgegenüber weist das Szenario II geringere Einsparungen auf, mit langfristig deutlich höheren Anteilen an grünen Brennstoffen. Aufgrund der langsameren Durchdringung von klimaneutralen Kraftstoffen im Vergleich zum klimaneutralen Strom liegen die THG-Emissionen im Szenario I in 2030 und 2040 niedriger (Abbildung 7). Wenn wie erforderlich langfristig die CO₂-Emissionen im Strombereich sowie bei den eingesetzten Kraftstoffen auf null absinken, ist jedoch mit beiden Szenarien eine klimaneutrale Verkehrszukunft erreichbar.

Abbildung 6: Vergleich des Endenergieeinsatzes in den beiden Szenarien für den Verkehrssektor

Quelle: Eigene Darstellung.

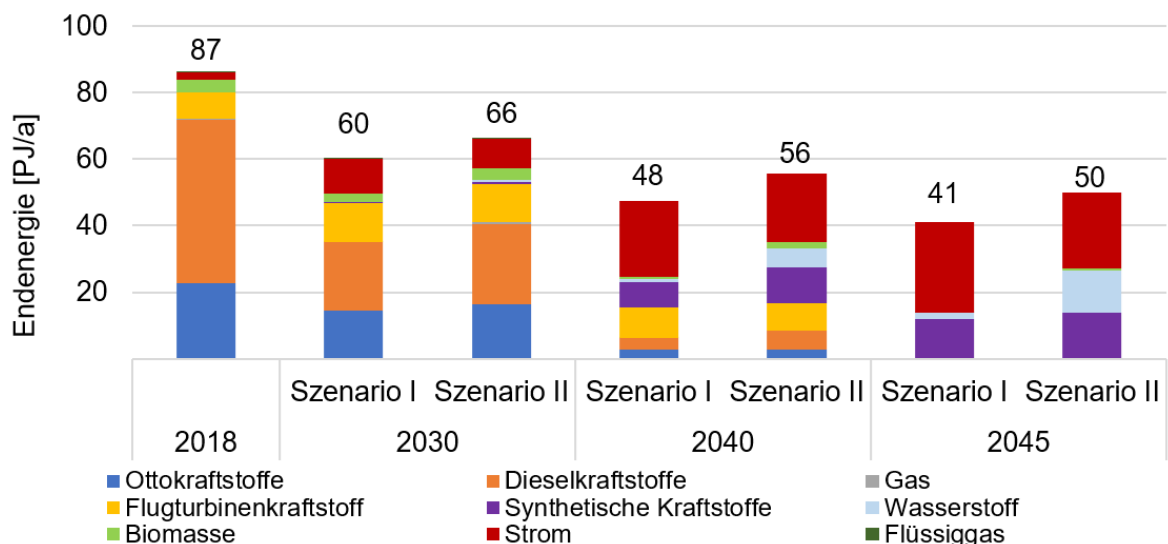
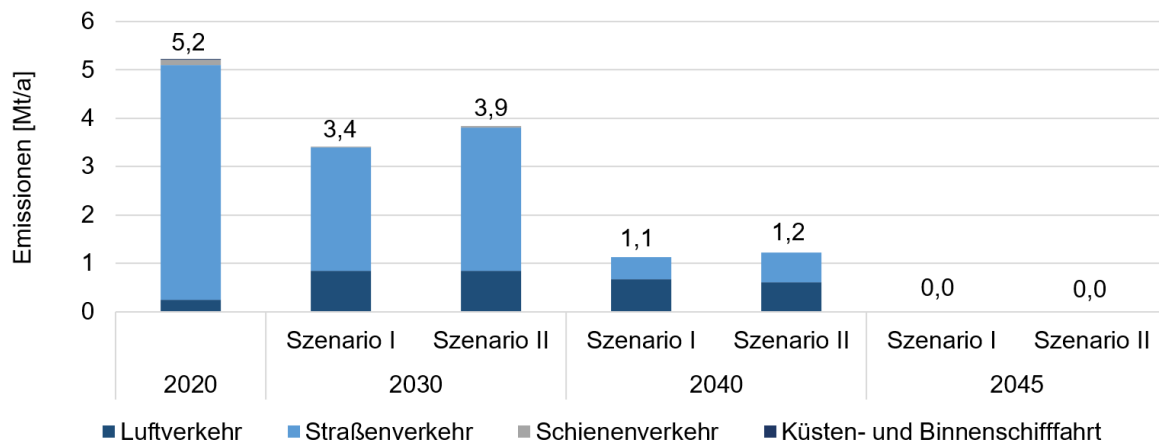


Abbildung 7: Vergleich der THG-Emissionen nach Quellbilanz in den beiden Szenarien im Verkehrssektor

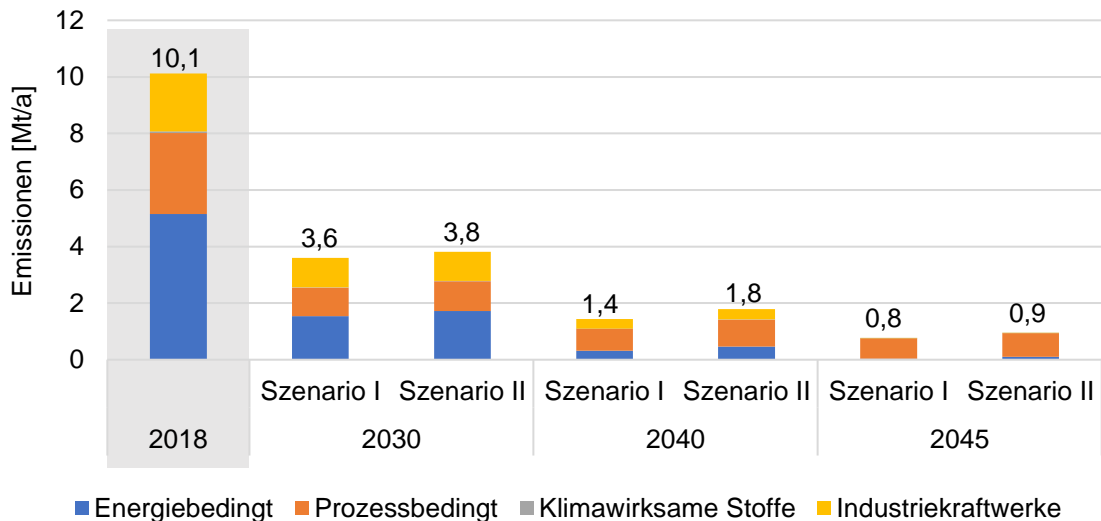
Quelle: Eigene Darstellung.



Die **Brandenburger Wirtschaft** (Sektor Industrie) steht durch die heterogene Branchenstruktur unterschiedlichen Herausforderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität gegenüber. Quantitativ bedeutsam sind die zeitnahe Bewältigung der Transformationspfade in der energieintensiven Stahl-, Zement- und Chemieindustrie (Raffinerien siehe Energiewirtschaft). Zusätzliche Energieverbräuche durch Ansiedlungen wurden berücksichtigt, soweit bereits bekannt oder abschätzbar. Im Szenario I wird von einer größeren Reduktion der Produktionsmengen in der Stahl- und Zementindustrie ausgegangen, gleichzeitig wird das Effizienzpotenzial in der sonstigen Industrie und im Bereich GHD bereits kurzfristig und in größerem Umfang im Vergleich zum Szenario II gehoben. Die Prozesswärme wird durch Elektrifizierung, Umwelt- und Abwärme transformiert, im Szenario II ist hier zusätzlich Wasserstoff im Energieträgermix angesetzt. Die Bioökonomie entwickelt sich in den Szenarien dynamisch und führt u. a. zu einer Reduktion konventioneller CO₂-intensiver Baustoffe. Im Ergebnis zeigt sich ein größerer Rückgang der Endenergieverbräuche im Szenario I in der Industrie bei langfristig klarer Dominanz des Energieträgers Strom. Demgegenüber fällt die Reduktion im Szenario II nur etwa halb so hoch aus, und der Energieträgermix ist mit deutlich mehr Wasserstoff- und auch Biomasseverbrauch deutlich heterogener. Im Ergebnis können die energiebedingten Emissionen nahezu komplett reduziert werden, es verbleiben jedoch prozessbedingte Emissionen, u. a. bei der Zementproduktion (siehe Abbildung 8). Die Reduktionsverläufe sind ähnlich, mit Vorteilen beim Szenario I. Die verbleibenden Restemissionen im Jahr 2045 liegen in beiden Szenarien knapp unter 1 Mt CO_{2e}, was einem Rückgang um ca. 95 % gegenüber 1990 entspricht. Diese Restemissionen stammen nach heutigem Stand der Technik aus nicht vermeidbaren Prozessemissionen der Zement-, Glas- und Keramikindustrie, klimawirksamen Stoffen sowie energiebedingten Emissionen durch die verbleibende Abfallverbrennung. Für ihre Vermeidung sind technische Senken der Kohlenstoffverwertung oder -Speicherung (engl. CCU bzw. CCS) denkbar, die jedoch aufgrund der nach heutigem Stand zu großen Unsicherheiten in diesem Gutachten nicht modelliert wurden.

Abbildung 8: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} von 2018 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Industrie

Quelle: Eigene Darstellung.³

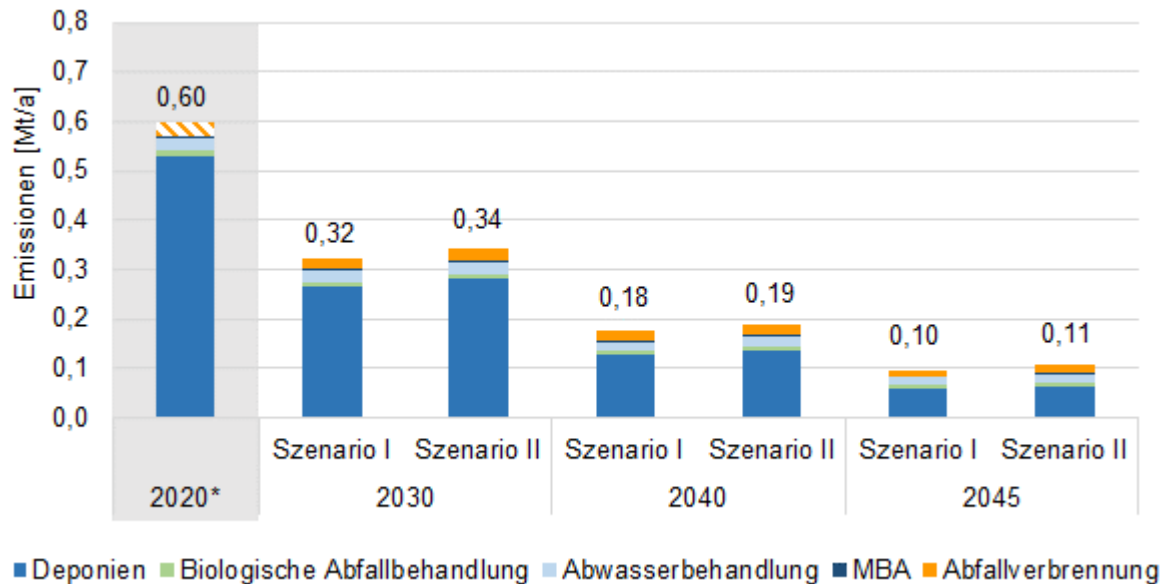


Der **Sektor Abfallwirtschaft** hatte in den 1990er Jahren noch eine große Bedeutung in der Emissionsbilanz des Landes. Diese wurde bereits frühzeitig durch sehr wirksame emissionsmindernde Maßnahmen vorrangig im Bereich der Deponierung auf einen Bruchteil gemindert. Für die Abfallwirtschaft werden in Zukunft die Kernstrategien der Abfallvermeidung und der Aufbau einer umfassenden Kreislaufwirtschaft deutlich wichtiger. Damit sinkt auch das energetische Potenzial der Abfallverbrennung. Im Szenario I sind u. a. höhere Recyclingquoten angesetzt, im Szenario II demgegenüber ein zunehmender Einsatz von Pyrolysetechnologien. Das Ergebnis zeigt insgesamt ähnliche Verläufe, mit leichten Vorteilen für Szenario I: bis 2030 können die Emissionen in etwa halbiert werden, langfristig verbleibt bis 2045 noch ein kleiner Rest von etwa 0,1 Mt CO_{2e} (siehe Abbildung 9). Diese Restemissionen werden im Fall der Deponien längerfristig weiter absinken, für die anderen Segmente (diverse, schwer verwertbare Abfallfraktionen) braucht es weitergehende technologische Lösungen oder Kompensationen.

³ Aufgrund der Berücksichtigung von Industriekraftwerken im Sektor Industrie gem. KSG-Methodik entsteht eine Abweichung zu den Gesamtemissionen in 2018 auf Basis der LfU-Daten (siehe Erläuterung im Zwischenbericht, Hirschl et al. 2022).

Abbildung 9: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} von 2020 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Abfallwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung, Daten 2020 nach LfU (2021), *Abfallverbrennung 2020 aus eigener Berechnung.



Im **Sektor Landwirtschaft** – wie auch bei LULUCF - liegt der Fokus vorrangig auf den nicht-energetischen THG-Emissionen Methan (CH₄), direktes und indirektes Lachgas (N₂O) und Kohlenstoffdioxid (CO₂). Hierfür ergab sich im Verlauf der Bearbeitung nach Abschluss der gutachterlichen Szenarienberechnung durch die aktuelle Thünen-Submission 2022 (s. o.) eine neue Datengrundlage, weshalb es zu einer ergänzenden Beauftragung durch das MLUK zur Berücksichtigung dieser Daten kam. Das Gutachten weist die alten und neuen Daten und Ergebniswerte für Landwirtschaft, LULUCF sowie gesamt aus. Insgesamt führen die Änderungen von Methoden und Daten im Vergleich zu den Emissionsdaten von 2021 im Landwirtschaftssektor zu geringeren Gesamtemissionen (-390 Tsd. t CO_{2e}). Die Szenarien unterscheiden sich u. a. wie folgt: Im Szenario I wird von einem trendfolgenden Rückgang von Tierbeständen (siehe Tabelle 1) und Wirtschaftsdünger ausgegangen, während die Tierbestände im Szenario II auf dem aktuellen Stand verbleiben. Der ökologische Landbau nimmt in beiden Szenarien gleichermaßen zu, ebenso die Energie- und Stickstoffeffizienz. Bei der Nutzung organischer Böden ist insbesondere die Extensivierung und ackerbauliche Aufgabe im Zuge der Wiedervernässung für die Lachgasemissionen von Bedeutung, die im Szenario II umfangreicher als im Szenario I durchgeführt wird. Entsprechend sind im Szenario I die Erhöhung der Landschaftselemente ausgeprägter. Im Ergebnis verbleiben im Landwirtschaftssektor im Szenario I langfristig noch Restemissionen in Höhe von 1,5 Mt CO_{2e} im Gegensatz zu knapp 2 Mt CO_{2e} im Szenario II; dennoch liegen die hier ermittelten Reduktionen deutlich über den bundesweiten Sektorzielwerten. Die verbleibenden Emissionen (hier insbesondere CH₄ und N₂O) sind zu einem Großteil auf die Tierhaltung zurückzuführen, wodurch sich auch der deutlich höhere Wert im Szenario II erklärt. Weitere Emissionen stammen vor allem aus der Bewirtschaftung organischer Böden (maßgeblich Grünland) und der Düngemittelabfuhr inkl. Auswaschung und Abfluss.

Tabelle 1: Übersicht über die trendfolgende Entwicklung der Tierbestände im Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

Quelle: eigene Annahmen nach Daten basierend auf Thünen (2022b).

	2020	2030	2040	2045
	Bestand	Trendfolgende Reduktion um ... im Vgl. zu 2020	Trendfolgende Reduktion um ... im Vgl. zu 2020	Trendfolgende Reduktion um ... im Vgl. zu 2020
	Anzahl	%	%	%
Milchkühe	137.100	12	28	36
Übrige Rinder	340.200	13	31	41
Schweine	594.100	11	20	24

Der **Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (engl. LULUCF⁴)** umfasst die Emissionen der Landnutzungskategorien Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlungen, Sonstiges Land und Holzprodukte sowie die jeweiligen Landnutzungsänderungen. Bilanziert werden positive und negative CO₂-Emissionen der Kohlenstoffpools (CO₂-Quellen und CO₂-Senken). Wie beim Sektor Landwirtschaft erfolgte auch hier eine zusätzliche Berechnung der Szenarien anhand der neuen Thünen-Submissionswerte aus dem Mai 2022. Im Ergebnis erhöhen sich dadurch die THG-Emissionen des LULUCF-Sektors, insbesondere die Emissionen der Niedermoorflächen steigen auf über 6 Mt CO_{2e}, so dass der positive Netto-Wert dieses Sektors auf 1,8 Mt CO_{2e} weiter ansteigt. Damit ist LULUCF in Brandenburg heute - anders als in Deutschland insgesamt - eine relevante Emissionsquelle, die im Trend ohne Gegenmaßnahmen weiter anwachsen würde und somit nicht zur Minderung bzw. Kompensation beiträgt. Bei den wald- und forstwirtschaftlichen Ansätzen unterscheiden sich die Maßnahmen dahingehend, dass der Umbau zu einem klimaresilienten Wald im Szenario I noch ambitionierter angesetzt wird, während die Erstaufforstung im Szenario II höher ausfällt (siehe Tabelle 2). Während die Zunahme an Gehölzen, die Umwandlung zu Dauergrünland und ein flächenmäßig hoher Anteil an Wiedervernässung in beiden Szenarien gleich angesetzt wurde, unterschieden sich die Nachnutzungsoptionen leicht aufgrund unterschiedlicher Vernässungsintensität (ebda.). In beiden Szenarien findet zudem eine Begrenzung der Flächeninanspruchnahme in Verbindung mit einer erhöhten Entsiegelung statt. Im Ergebnis kann der Sektor in beiden Szenarien bis 2030 auf 0,8 Mt CO_{2e} zurückgeführt werden und im Jahr 2040 wieder eine Senke sein. Bis 2045 könnten im Szenario I negative Emissionen im Umfang von -1,5 Mt CO_{2e} erreicht werden, im Szenario II nur unwesentlich weniger. Damit können im Szenario I die Emissionen der Landwirtschaft nahezu vollständig ausgeglichen werden.

⁴ Die Abkürzung steht für Land Use, Land Use Change and Forestry.

Tabelle 2: Flächenentwicklung im Sektor LULUCF bis 2045 in beiden Szenarien

Quelle: Eigene Berechnungen.

	flächenrelevante Aktivität	Fläche in Hektar in 2045	
		Szenario I	Szenario II
Stabilisierung der Senken Leistung des Waldes			
Waldumbau bis 2045	Umbaufläche gesamt	184.000	115.000
Erstaufforstung	Ackerland zu Wald	57.500	92.000
Waldmoore	Wiedervernässung Waldmoore	24.714	
Reduktion der Offenland-Emissionen, min. Böden			
Zunahme Landschaftselemente	Acker/Grünland zu Gehölzen	31.005	
Reduktion der Offenland-Emissionen, org. Böden (Niedermoore)			
Reduktion der Emissionen auf Ackerland	Nutzungsänderung Acker zu Dauergrünland	43.510	
Wiedervernässung			
Reduktion der Emissionen auf Grünland	Wiedervernässung Grünland und ehemaliges Ackerland	187.903	
Nachnutzung			
Landwirtschaftliche Nutzung	Nassgrünland, Paludikultur	150.303	141.903
Forstliche Nutzung	Bestockung Erle auf wiedervernässten Flächen	37.600	46.000

1.3.3 Ausgewählte Gesamtergebnisse

Die Abbildung 10 zeigt die zentralen Gesamtergebnisse: den Szenarienvergleich nach THG-Emissionen, differenziert nach den Anteilen der Sektoren für die Jahre 2030, 2040 und 2045. Die Größenordnung der Werte kann mit den historischen Daten aus Abbildung 1 verglichen werden.

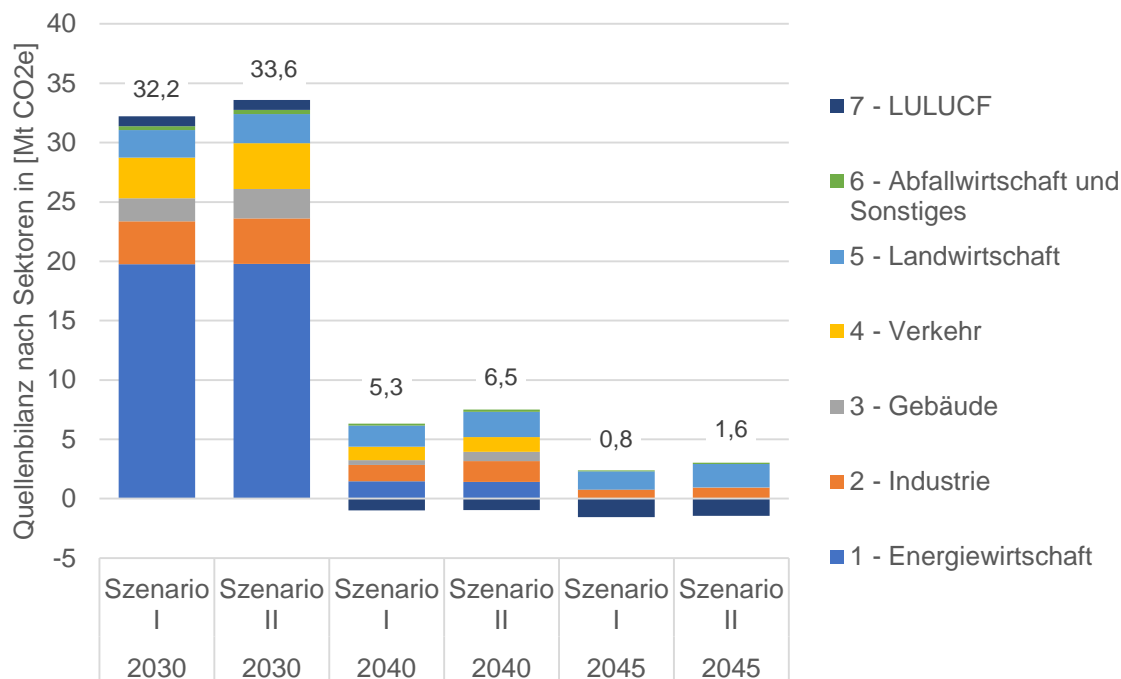
Mindestens Verdopplung bei der Treibhausgasminderung erforderlich

Die Abbildung dokumentiert zunächst eindrücklich, dass die Reduktionsanforderung bis 2030 - also binnen weniger als sieben verbleibenden Jahren von heute an – sich gegenüber derjenigen der letzten Dekade (von 2010 bis 2020) in etwa verdoppeln muss: von rund 10 auf etwa 20 Mt CO_{2e}. In der Dekade bis 2040 ist diese absolute Reduktion noch weiter zu steigern auf rund 27 Mt CO_{2e}. Auch in 2030 wird der Energiesektor noch mit einem Anteil von rund 60 % an den THG-Emissionen mit Abstand dominieren; Grund hierfür ist die getroffene Annahme, dass auch am Ende des Bilanzjahres 2030 die Kohlekraftwerke noch am Netz sein werden. Mit dem endgültigen Abschalten der Kohlekraftwerke in den 2030er Jahren entfällt dieser dominierende Anteil,

und die Gesamtemissionen sinken drastisch.⁵ Gleichzeitig nimmt mit dem Kohleausstieg automatisch die relative Bedeutung der anderen Sektoren entsprechend zu. Auch die Sektoren Industrie und Gebäude weisen signifikante und kontinuierliche Rückgänge auf. Im Sektor Verkehr finden diese demgegenüber erst nach 2030 in größerem Ausmaß statt. Im Unterschied dazu verbleiben die Emissionen der Landwirtschaft auf einem vergleichbaren Niveau.

Abbildung 10: Szenarienvergleich – THG-Emissionen nach Sektoren 2030, 2040 und 2045 unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission 2022

Quelle: Eigene Darstellung.



Mit Blick auf den Szenarienvergleich zeigt sich zunächst, dass beide Szenarien in Summe einen ähnlichen Reduktionsverlauf aufweisen, allerdings liegt das Szenario II konstant rund eine Mt CO_{2e} über dem Niveau des Szenarios I. Der Grund hierfür liegt im Jahr 2030 maßgeblich in höheren Emissionen der Sektoren Gebäude und Verkehr, sowie nachrangig der Sektoren Landwirtschaft und Industrie. Auch der LULUCF-Sektor gehört zu den emittierenden Sektoren, dessen THG-Emissionen in der letzten Dekade sogar wieder um 0,7 Mt CO_{2e} bzw. rund 60 % zugenommen haben. Dabei gelingt es im Szenario I, mit den Negativemissionen aus dem LULUCF-Sektor die Emissionen der Landwirtschaft zu kompensieren, im Szenario II wird dies nicht erreicht.

Damit werden im Szenario I langfristig – im Jahr 2045 – verbleibende Restemissionen in Höhe von 0,8 Mt CO_{2e} ausgewiesen, die in der Höhe den Prozessemissionen der Industrie entsprechen. Im Szenario II verbleibt diese Nettobilanz bei leicht höheren verbleibenden Industrieemissionen und deutlich höheren Landwirtschaftsemissionen (s. o.) bei 1,6 Mt CO_{2e}.

⁵ Im Jahr 2021 stießen die Kraftwerke Jänschwalde und Schwarze Pumpe etwa 26 Mt CO₂ aus, im Jahr 2018 – vor Corona – waren es noch 33 Mt CO₂. Bis 2028 soll Jänschwalde abgeschaltet werden, dann verbleiben nach heutigem Stand noch etwa 11 Mt CO₂ aus dem Kraftwerk Schwarze Pumpe.

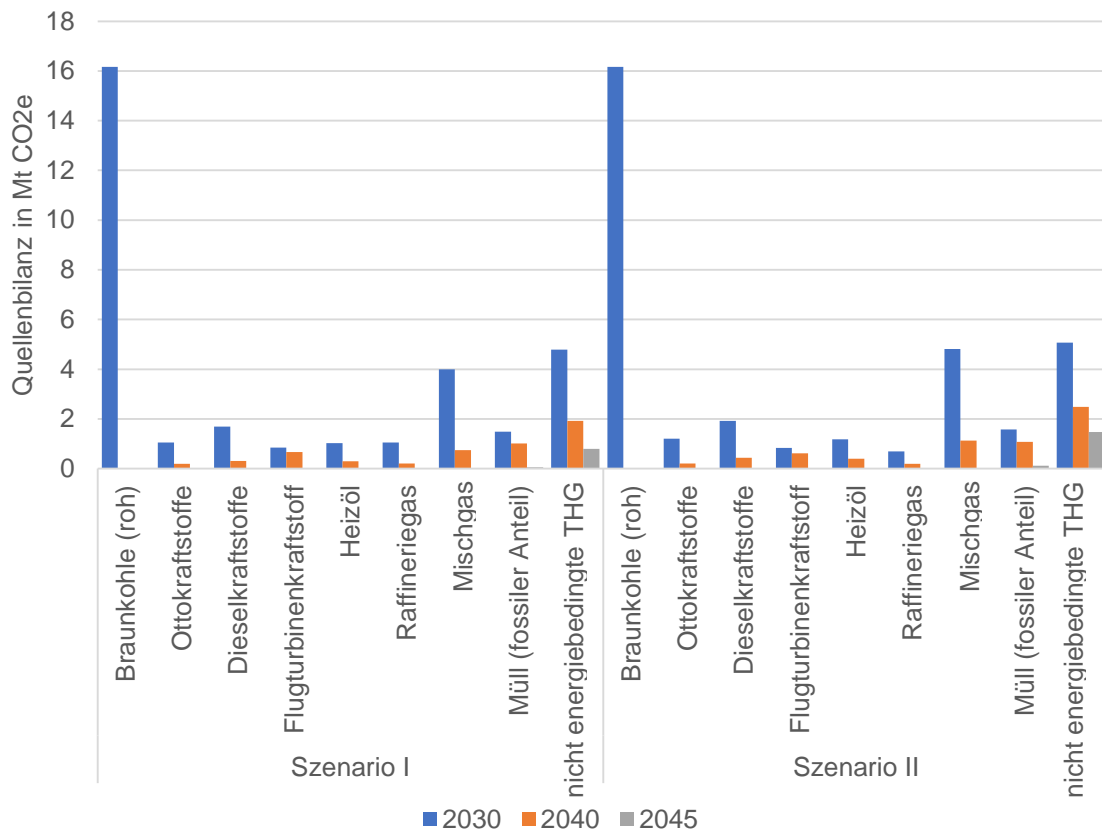
Hauptverursacher Kohle, gefolgt von nicht-energiebedingten Emissionen, Gas und Öl

Die nachfolgende Abbildung 11 zeigt die maßgeblichen THG-Quellen für die Szenarienjahre. Auch hier zeigt sich die überproportional hohe Bedeutung der Braunkohleverstromung im Szenarioergebnis des Jahres 2030, gefolgt von nicht-energiebedingten Emissionen und dem Mischgas, das dann noch zu etwa 90 % Erdgas sein wird. Im Zieljahr 2040 sind die Emissionen der Kraftstoffe und beim Mischgas bereits stark reduziert, während der Rückgang beim Kerosin bis dahin eher gering ausfällt, ebenso bei der Abfallverbrennung. Der Mischgasverbrauch wird in Zukunft zum einen aufgrund der Energieeffizienz deutlich geringer ausfallen und zum anderen langfristig ausschließlich aus Wasserstoff und anderen grünen Gasen bestehen, wodurch sich die Emissionen kontinuierlich reduzieren.

Die meisten der hier gezeigten Emissionsquellen können bis 2045 auf 0 reduziert werden. Lediglich bei den nicht-energiebedingten landwirtschaftlichen Emissionen (Methan und Lachgas vorwiegend aus der Tierhaltung), den Prozessemissionen der Industrie und der Abfallverbrennung verbleiben zum Teil längerfristige Restemissionen, die dann durch ergänzende Strategien, weitere Senkenleistungen oder Kompensationen ausgeglichen werden müssen, die in den Szenarien derzeit noch nicht angesetzt (bilanziert) wurden.

Abbildung 11: Szenarienvergleich – THG-Emissionen differenziert nach maßgeblichen THG-Quellen für 2030, 2040 und 2045

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung.



Die Emissionen des Szenario II liegen bei mehreren Energieträgern sowie bei den nicht-energiebedingten Emissionen (zum Teil nur leicht) über den Werten des Szenarios I. Durch den hohen Einfluss der fossilen Brennstoffe dominieren die CO₂-Emissionen (z. B. gegenüber Methan und Lachgas), diese nehmen jedoch mit dem Kohleausstieg sprunghaft ab. Dadurch verschieben sich

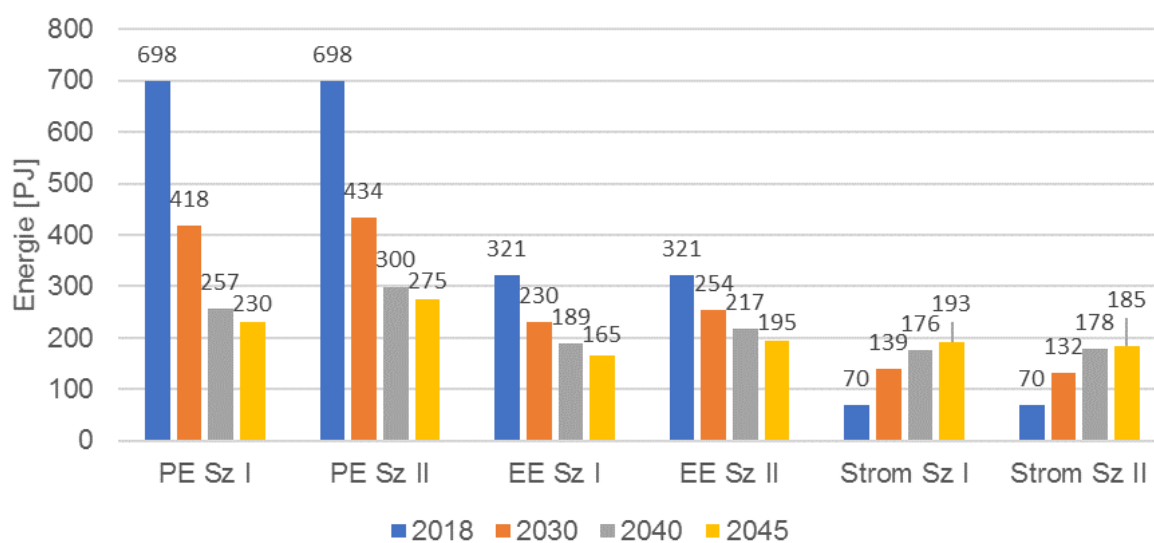
auch die Relationen und die langfristig schwerer vermeidbaren Restemissionen Lachgas und Methan rücken verstärkt in den Fokus. Um diese Emissionen auszugleichen, muss der natürliche und technische CO₂-Senkenaufbau bereits frühzeitig eingeleitet werden, um langfristig die erforderliche Kompensationswirkung entfalten zu können.

Energieverbräuche sinken - Stromverbräuche steigen

In der nachfolgenden Abbildung 12 werden jeweils die Primärenergie-, Endenergie- und Stromverbräuche der Szenarijahre 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zu den Verbräuchen des Jahres 2018 dargestellt.⁶ Die Primärenergieverbräuche nehmen aufgrund der deutlich effizienteren Umwandlungstechnologien und Wirkungsgrade bis 2040 sehr stark ab, langfristig im Szenario I um etwa zwei Drittel. Die breit angelegten Energieeinsparungen in allen Sektoren verursachen auch beim Endenergieverbrauch entsprechende Rückgänge, die aufgrund des niedrigeren Ausgangsniveaus langfristig bei etwa 50 % im Szenario I liegen. Insgesamt liegen die Primär- und Endenergieverbräuche im Szenario II jeweils etwas höher aufgrund der geringeren Einspar-effekte. Der Stromverbrauch, der in der Abbildung über den Endenergieanteil auch Verbräuche aus dem Umwandlungsbereich (u. a. für Elektrolyse) beinhaltet, steigt demgegenüber kontinuierlich auf mehr als das zweieinhalbfache Niveau, in etwa vergleichbarer Größenordnung in beiden Szenarien.⁷

Abbildung 12: Szenarienvergleich – Primärenergie, Endenergie und Stromverbrauch 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)

Quelle: Eigene Darstellung, 2018 abgeleitet aus AfS BBB (2021a).



PE: Primärenergie,

EE: Endenergie,

Strom⁷

⁶ Die Darstellung erfolgt mit der in der amtlichen Statistik der Energiebilanz üblichen Einheit Petajoule (PJ). Diese kann in die Einheit TWh überführt werden, wenn die Werte durch den Faktor 3,6 geteilt werden. So entspricht der Primärenergieverbrauch des Jahres 2018 von rund 700 PJ etwa 194 TWh, der Stromverbrauch des Szenario I im Jahr 2045 entspricht demgegenüber rund 55 TWh.

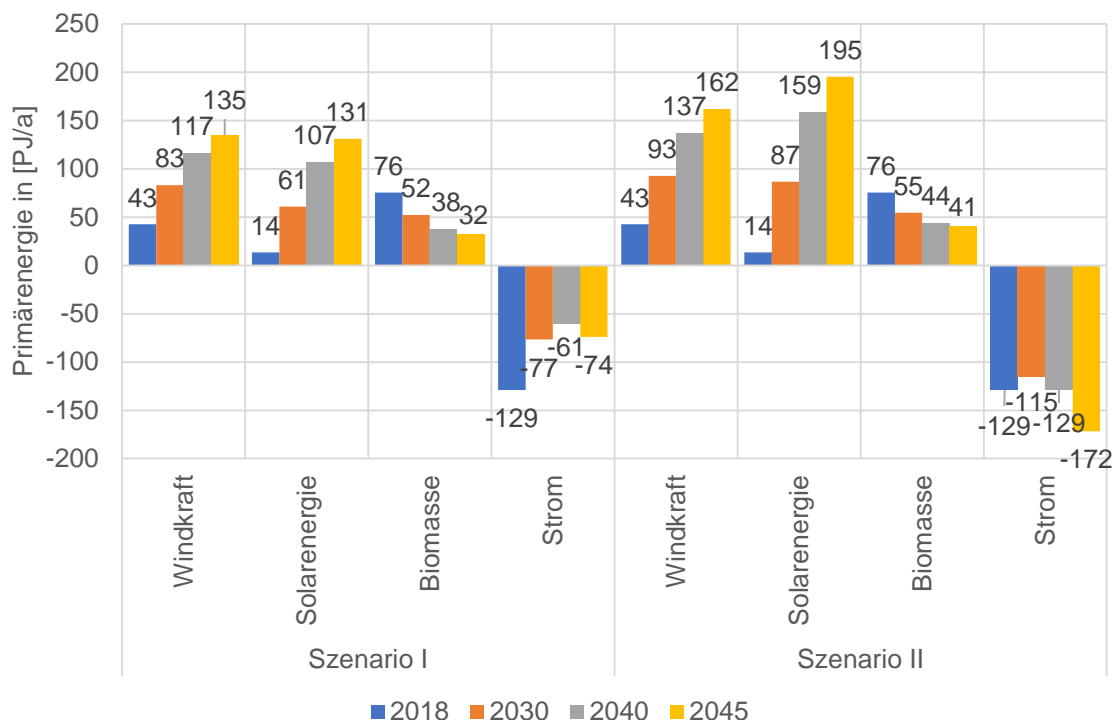
⁷ Verbrauch Endenergie, Umwandlungsbereich (Kraftwerke, Raffinerien, Tagebaue, Verluste) und Umwandlungseinsatz (Wasserstoffherzeugung).

Große Bedeutung von Wind- und Solarenergie

Die Entwicklung der Wind-, Solar- und Bioenergie sowie den Stromsaldo zeigt die Abbildung 13. Während sich im Szenario I der Beitrag der Windenergie in etwa verdreifacht, ist im Szenario II fast eine Vervielfachung vorgesehen. Aufgrund zunehmender Anlagenleistung nimmt die Anlagenzahl hier jedoch nur unterproportional zu. Die bereitzustellende Landesfläche liegt beim Szenario I langfristig bei etwa 2,5 %, im Szenario II bei rund 3 %. Diese Flächenwerte berücksichtigen dabei zum einen deutlich erhöhte Strombedarfe in Brandenburg sowie bundesweit, bieten zum anderen aber auch einen gewissen Puffer für eine im Vergleich zur ausgewiesenen Fläche geringere Umsetzungsrate. Damit die Zielwerte in 2030 erreicht werden, sind bereits kurzfristig entsprechende Flächen schnellstmöglich planerisch bereitzustellen. Bei der PV fallen die Steigerungsraten deutlich höher aus, hier sind allerdings auch die Potenziale auf versiegelten Flächen sowie auf Freiflächen deutlich größer, insbesondere, wenn hier Mehrfachnutzungskonzepte zur Anwendung kommen. Im Szenario I ist in etwa eine Verzehnfachung der Solarstromerzeugung erforderlich, im Szenario II der 15-fache Wert im Vergleich zu 2018. Für die Solar- wie auch die Windenergie sollten die Potenziale für flächenschonende Mehrfachnutzungskonzepte ermöglicht und gefördert werden, um Flächenkonkurrenzen zu mindern. Die Bioenergieproduktion wird aufgrund derartiger Flächenkonkurrenzen in Summe zurückgehen.

Abbildung 13: Szenarienvergleich – Primärenergieträger Wind-, Solarenergie, Biomasse sowie Strom 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)

Quelle: Eigene Darstellung, 2018 abgeleitet aus (AfS BBB 2021a).



Mit den hier modellierten erneuerbaren Strommengen lässt sich im Szenario I bis 2045 etwas mehr als die Hälfte des Stromexportniveaus von 2018 realisieren. Mit dem angenommenen Zubau gemäß Szenario II ließe sich der Stromexport gegenüber dem Wert von 2018 sogar steigern. Diese Stromexportmengen könnten alternativ jedoch auch für zusätzliche heimische strombasierte Produkte genutzt werden. Allerdings sollte aus volkswirtschaftlicher bzw. systemischer Effizienz­sicht hierbei auf eine möglichst umfassende Nutzung der entstehenden Abwärme geachtet werden.

1.4 Empfohlene Zielwerte für ein klimaneutrales Brandenburg

Für die Bestimmung von politisch relevanten Zielwerten wurden die beiden Szenarien hinsichtlich ihrer **Vorzugswürdigkeit** bewertet. Hierzu ist zunächst zu konstatieren, dass Szenario I insgesamt zu leicht geringeren THG-Emissionen in den Szenariojahren führt, die aufsummiert über alle weiteren (nicht modellierten) Zwischenjahre durchaus signifikant ins Gewicht fallen. Auch viele weitere qualitative Einschätzungen zur Vorzugswürdigkeit sprechen nahezu ausschließlich für das Szenario I. Dazu zählen die höhere Energieeffizienz und der damit einhergehende geringere Energieverbrauch, eine stärkere Reduktion des Gasverbrauchs und damit eine geringere Importabhängigkeit, ein geringerer Ausbaudruck bei den erneuerbaren Energien, ein geringerer Rohstoffbedarf durch mehr Kreislaufwirtschaft sowie eine geringere Abhängigkeit von in Entwicklung befindlichen Technologien. Das Szenario I weist damit in maßgeblichen Dimensionen klare Vorteile, weniger Risiken und die höhere Resilienz im Vergleich zum Szenario II auf. Ein Literaturvergleich mit ähnlich konzipierten Szenarien lässt darüber hinaus den Schluss zu, dass das Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ auch in Bezug auf die Kosten deutliche Vorteile gegenüber dem Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ aufweist – und damit eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit. In volkswirtschaftlicher Hinsicht gilt zudem grundsätzlich, dass die Kosten für Klimaschutzmaßnahmen im Vergleich zu den Kosten des Klimawandels z. B. für Schäden und Anpassung geringer ausfallen werden.

Vor diesem Hintergrund werden als **Ergebnis des Gutachtens** die Werte des **Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“** als vorzugswürdig betrachtet. In Szenario I ist dabei auch der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur in signifikantem Maße angenommen, so dass es hier im Hinblick auf die Nutzung der Technologie nicht um ein Entweder-oder zwischen den Szenarien geht, wenn gleich sich eine klare Priorisierung zu Gunsten von möglichst viel und umfassender Elektrifizierung und Effizienz in allen Sektoren ergeben hat. Aus dem Szenario I leiten sich folglich auch die im Rahmen dieses Gutachtens empfohlenen Klimaschutzzielwerte für das Land Brandenburg ab. Dabei wurden die im Verlauf des Gutachtens ermittelten Werte des Szenario I unter Verwendung der Thünen-Submissionsdaten 2021 bereits Grundlage der verabschiedeten Zwischen- und Sektorziele zum Klimaplan Brandenburg (Landesregierung Brandenburg 2022c), die auf Basis der neuen Thünen-Submissionswerte 2022 (s. o.) aktualisiert wurden. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die jeweiligen empfohlenen Zielwerte in ihrer ursprünglichen und in der aktualisierten Fassung.

Auch wenn die hier empfohlenen relativen Reduktionsleistungen und Zielwerte überdurchschnittlich hoch erscheinen mögen, so zeigen die absoluten Zahlen, dass Brandenburg noch in den nächsten ein bis zwei Dekaden vergleichsweise viel emittieren wird. Summiert man die Emissionen, die ab 2020 bis zum Eintreten der Klimaneutralität bis 2045 gemäß Szenario I anfallen, unter der Annahme linearer Verläufe in den Zwischenjahren auf, dann ergibt sich eine kumulierte Emissionsmenge von 660 Mt CO_{2e}. Vergleicht man diesen Wert mit möglichen Emissionsbudgets, die man aus den globalen CO₂-Budgetdaten des Weltklimarats (IPCC) zunächst für Deutschland und dann für Brandenburg ableitet, dann zeigt sich, dass die mit dem Szenario I verursachten Emissionsmengen bis zum Zeitpunkt der Klimaneutralität 2045 selbst ein 2°-Budget übersteigen, das Erreichen eines Klimabudgets auf Basis eines 1,5°-Zielwerts ist für Brandenburg in keinem Fall erreichbar. Vor diesem Hintergrund sollte die Landesregierung ambitionierte und wirksame Maßnahmen in allen Sektoren beschließen, um zumindest die hier empfohlenen Zielwerte einhalten zu können.

Tabelle 3: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg nach Sektoren, für 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung (1990, 2010, 2020), Stand 11/22 unter Berücksichtigung der Thünen-Submission 2022

Quelle: Eigene Darstellung, historische Daten nach LfU (2021) und Thünen (2022a; 2022b).

[Mt CO _{2e}]	1990 ⁸	2010 ⁸	2020 ⁸	2030	2040	2045
Sektor Energiewirtschaft	64,5	42,9	31,5	19,7	1,5	0,0
Sektor Gebäude	11,2	3,7	3,9	1,9	0,4	0,0
Sektor Verkehr	3,3	5,5	5,2	3,4	1,1	0,0
Sektor Industrie	14,6	6,9	7,8	3,6	1,4	0,8
Sektor Abfallwirt., sonstiges	22,2	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1
Sektor Landwirtschaft	4,9	3,2	3,0	2,3	1,8	1,5
Sektor LULUCF	4,7	1,1	1,8	0,8	-1,0	-1,5
Brandenburg gesamt	125,4	64,2	53,8	32,2	5,3	0,8⁹
Veränderung ggü. 1990	-	-49 %	-57 %	-74 %	-96 %	-99 %
Veränderung ggü. 2010	-	-	-16 %	-50 %	-92 %	-99 %

Tabelle 4: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg nach Sektoren, für 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung (1990, 2010, 2020), Stand 5/2022 unter Berücksichtigung der Thünen-Submission 2021¹⁰

Quelle: Eigene Darstellung, historische Daten nach LfU (2021).

[Mt CO _{2e}]	1990 ⁸	2010 ⁸	2020 ⁸	2030	2040	2045
Sektor Energiewirtschaft	64,5	42,9	31,5	19,7	1,5	0,0
Sektor Gebäude	11,2	3,7	3,9	1,9	0,4	0,0
Sektor Verkehr	3,3	5,5	5,2	3,4	1,1	0,0
Sektor Industrie	14,6	6,9	7,8	3,6	1,4	0,8
Sektor Abfallwirt., sonstiges	22,2	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1
Sektor Landwirtschaft	5,4	3,6	3,4	3,0	2,6	2,4
Sektor LULUCF	4,5	1,4	0,7	-0,6	-1,8	-2,4
Brandenburg gesamt	125,7	64,8	53,1	31,3	5,4	0,9
Veränderung ggü. 1990	-	-48 %	-58 %	-75 %	-96 %	-99 %
Veränderung ggü. 2010	-	-	-18 %	-51 %	-92 %	-99 %

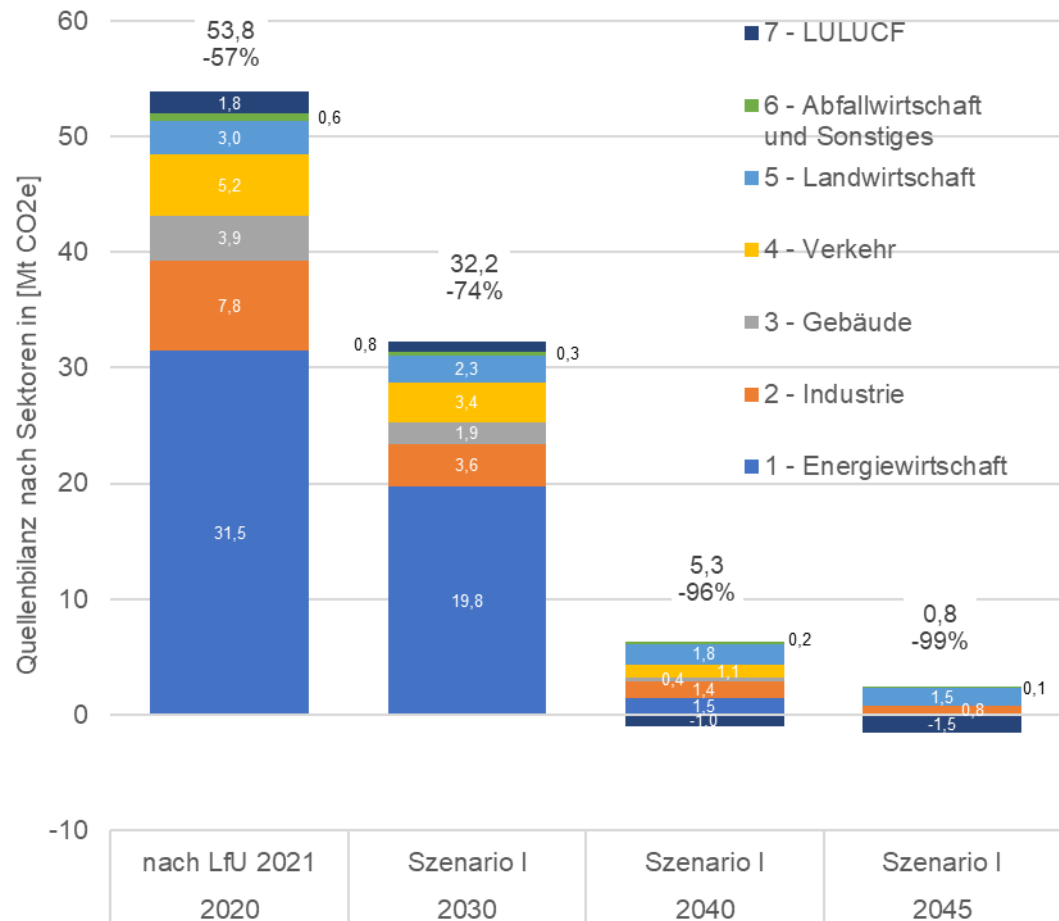
⁸ Die Werte für 1990, 2010 und 2020 basieren auf den Quellbilanzdaten von LfU (2021), die nicht vollständig der KSG-Bilanzierungsmethodik entsprechen, aktualisiert um die Daten für Landwirtschaft und LULUCF gemäß Thünen (2022a; 2022b). Die Jahre 2030, 2040 und 2045 wurden im Rahmen des Gutachtens vollständig nach KSG-Methodik ermittelt und sind damit anschlussfähig an die KSG-Daten des Bundes. Zu weiteren methodischen Abweichungen Bilanzierungsansätze siehe den Zwischenbericht zum Gutachten (Hirschl et al. 2022). Eine Überführung der historischen Daten in die aktuelle Bilanzierungsmethode nach KSG ist für die Zukunft empfehlenswert.

⁹ Rundungsbedingte Ungenauigkeit in dieser Darstellung mit einer Kommastelle.

¹⁰ Diese Tabelle entspricht den von der Landesregierung im August 2022 beschlossenen Sektor- und Zwischenzielwerten auf der Basis der Ergebnisse des Szenario I und gutachterlicher Empfehlung (siehe Landesregierung Brandenburg (2022c) sowie im Anhang 6.3).

Abbildung 14: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg nach Sektoren, Stand 11/22

Quelle: Eigene Daten



1.5 Strategie- und Maßnahmenempfehlungen

1.5.1 Zur Methodik und Struktur

Um die vorgeschlagenen Zielwerte zu erreichen und konsequent in allen Sektoren auf einen Klimaneutralitätspfad zu kommen, sind entsprechend ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen erforderlich. Die nachfolgend vorgeschlagenen Maßnahmen entstanden im Rahmen der Gutachtenentwicklung nicht nur anhand von Beispielen aus der Praxis anderer Länder und Vorschlägen aus der aktuellen Fachliteratur, sondern wurden auch aus den verschiedenen Beteiligungsformaten angereichert (s. o.).

Die nachfolgende Strukturierung löst sich gemäß dem Beschlussdokument der Brandenburger Landesregierung vom 16. November 2021 von der Sektorengliederung und benennt als Bezugsrahmen für die Erarbeitung von Maßnahmen sogenannte **Handlungsfelder**, die sich stärker auf die Handlungsmöglichkeiten der Landesebene beziehen. Diese weisen im Kern immer noch eine große Nähe zu den Sektoren auf, weichen jedoch in Einzelheiten davon ab, in dem Teilbereiche anders zugeordnet und Themenschwerpunkte explizit benannt sind. Die 8 zentralen Handlungsfelder lauten:

- Handlungsfeld 1: Energie und Wasserstoffwirtschaft
- Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie
- Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen, Wohnen
- Handlungsfeld 4: Verkehr und Mobilität
- Handlungsfeld 5: Landwirtschaft und Ernährung
- Handlungsfeld 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft
- Handlungsfeld 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung
- Handlungsfeld 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte

Dabei gliedert sich das übergreifende Handlungsfeld 8 in die folgenden Schwerpunkte¹¹:

- HF 8-1: Klima-Governance
- HF 8-2: Vorbildrolle öffentliche Hand
- HF 8-3: Klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung
- HF 8-4: Klimaneutralität braucht Fach- und Arbeitskräfte
- HF 8-5: Bildung, Wissenschaft und Forschung
- HF 8-6: Akzeptanz und Verbraucherschutz
- HF 8-7: Bioökonomie

Für jedes dieser Handlungsfelder werden diverse **Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel** (mehrere Maßnahmen bzw. Untermaßnahmen zu einem übergeordneten Themenschwerpunkt) abgeleitet. Dabei beziehen sich die Vorschläge im engeren Sinne auf das Szenario I und seine Zielwerte, allerdings ist davon auszugehen, dass die allermeisten Maßnahmen für beide Szenarien gleichermaßen gelten („no regret“-Maßnahmen). Der zeitliche Fokus der formulierten Maßnahmen liegt vorrangig auf einer kurzfristigen Umsetzung. Teilweise handelt es sich um einmalige Maßnahmen, teilweise um mittelfristig laufende, die über einen längeren Zeitraum erforderlich sind, vereinzelt um dauerhafte Maßnahmen. Im Fokus stehen zudem Maßnahmen, die das Land Brandenburg umsetzen kann und direkt betreffen, aber auch solche, die die Kommunen in Brandenburg adressieren bzw. unterstützen. Ebenfalls erforderlich ist selbstverständlich jedoch die Bundesebene, die noch eine Vielzahl an Rahmenbedingungen verändern bzw. im Sinne der Klimaneutralität verbessern muss. Diesbezügliche Empfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen übergeordneten Handlungsfeldstrategie dargestellt.

Bei der teilweise erfolgten Abschätzung von Kosten werden die nach gegenwärtiger Einschätzung erforderlichen Mehrkosten zum Erreichen der Klimaneutralität herangezogen, die vom Land Brandenburg in Form von investiven Mitteln, Zuschüssen oder Krediten (im Rahmen von Förderungen) zu tragen sind. Dabei ist anzumerken, dass die ökonomischen und regulativen Rahmen-

¹¹ Die Gliederung und Benennung der übergreifenden Schwerpunktthemen weicht im Gutachten leicht vom Beschlussdokument der Landesregierung ab. So wurde der rahmende, übergeordnete Schwerpunkt der Governance hier vorangestellt, gefolgt von der Vorbildrolle der öffentlichen Hand. Die Einflussnahme auf die Bundespolitik ist im Schwerpunkt Governance integriert, wird jedoch primär in jedem Handlungsfeld explizit behandelt. Da die Landesregierung die Entwicklung einer Bioökonomiestrategie bereits begonnen hat, rutscht dieser Aspekt im Gutachten ans Ende der Liste.

bedingungen aktuell überwiegend hochvolatil bzw. starken und kurzfristigen Änderungen unterworfen sind, so dass die hier getroffenen Aussagen eine Momentaufnahme darstellen und zum Zeitpunkt eines politischen Beschlusses neu abzuschätzen sind. Bei den Abschätzungen zum Personalaufwand geben wir einen für die Aufgaben der Klimaneutralität zusätzlich zu schaffenden Bedarf an, der jedoch bei Änderung von Aufgabenprofilen in Teilen auch vom Bestandspersonal geleistet werden kann.

1.5.2 Strategische Schwerpunkte

In strategischer Hinsicht wird es mit Blick auf die politische Umsetzung und letztlich das Erreichen der Klimaneutralität von hoher Bedeutung sein, inwieweit die Maßnahmen des Klimaplanes mit den Einzelstrategien und Regelwerken des Landes verzahnt sind. Hierfür braucht es aus Sicht der Gutachterinnen und Gutachter ein **Brandenburger Klimaschutzgesetz**. Ein solches Gesetz schafft einen verbindlichen Rahmen für alle Handlungsfelder, schafft Planungssicherheit für die verantwortlichen Akteure und sorgt für die gemäß dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts notwendige Klarheit und Verbindlichkeit in der Umsetzung. Mit Blick auf die zeitliche Dringlichkeit – die ambitionierten THG-Reduktionen bis 2030 müssen innerhalb von weniger als sieben Jahren erreicht werden – ist eine **zeitnahe Umsetzung von Gesetz und Klimaplan** erforderlich.

Bereits die Vielzahl der Handlungsfelder und der darunterliegenden Handlungsschwerpunkte, die nachfolgend mit jeweils vielen aus Sicht der Gutachterinnen und Gutachter erforderlichen Maßnahmen unterlegt werden, zeigt auf, dass der Weg zur Klimaneutralität nur gemeinsam gelingen kann. Dabei gilt auch für die Landes- und kommunale Ebene (ebenso wie für die Bundesebene): es gibt kein einzelnes Königsinstrument (wie beispielsweise einen CO₂-Preis oder das EEG), das uns allein insgesamt oder in einem Sektor zum Ziel führt, sondern es sind in allen Handlungsfeldern **viele verschiedene Maßnahmen** und die Aktivierung vieler Umsetzungsakteure erforderlich. Dafür braucht es „harte“ und „weiche“ Maßnahmen, von Vorgaben bis hin zu Anreizen sowie Information und Beratung. Allerdings können – und müssen – die vielen Maßnahmen auch auf viele Schultern verteilt werden, was gleichzeitig bedeutet, dass Klimaschutz in alle Ressorts und alle Referate einfließen muss: Es muss ein **Mainstreaming** des Themas und der Verantwortung für Klimaneutralität auf allen Ebenen erfolgen. Ebenso ist die **Beteiligung** und die **Aktivierung** von Wirtschaft und Zivilgesellschaft ein zentraler Erfolgsfaktor. Nicht zuletzt ist die Zusammenarbeit mit dem Nachbarland **Berlin** und der **Bundesebene** weiter zu intensivieren, um gemeinsam Klimaneutralität zu erreichen und einen dafür förderlichen, kooperativen Rahmen zu schaffen. Alle hier genannten strategischen Aspekte spiegeln sich mit unterschiedlichen Schwerpunkten je Handlungsfeld in den vorgeschlagenen Maßnahmen wider.

Die Entwicklung der Strategien und Maßnahmen für jedes Handlungsfeld orientiert sich an dem vom Brandenburger Kabinett unter Zuarbeit des Gutachtenteams im November 2021 verabschiedeten Beschluss, dessen Anlage im Mai 2022 ergänzt wurde und konkrete Handlungsschwerpunkte je Handlungsfeld benennt. Mit der Orientierung an diesen Handlungsschwerpunkten wurden im Verlauf der Maßnahmenentwicklung über alle 8 Handlungsfelder insgesamt 83 Maßnahmenbündel mit annähernd 300 Einzelmaßnahmen entwickelt. Nachfolgend werden wichtige strategische Aspekte je Handlungsfeld benannt.

Handlungsfeld 1 Energie und Wasserstoffwirtschaft

Für das Handlungsfeld Energie und Wasserstoffwirtschaft zeigen die Szenarien klar, dass aus klimapolitischer Sicht ein möglichst frühzeitiger Kohleausstieg für das Land Brandenburg die bedeutendste Klimaschutzmaßnahme darstellt, so dass hierfür die entsprechenden Voraussetzungen zu schaffen sind. Zentraler Handlungsschwerpunkt ist daher der weitere Ausbau erneuerba-

rer Energien, der umgehend forciert werden muss. Dafür ist auch der weitere Netzausbau erforderlich. Für die benötigte Anzahl an zusätzlichen Windenergie- und Photovoltaikanlagen braucht es flächeneffiziente Lösungen, die versiegelte Flächen ebenso nutzt wie Freiflächen, letztere zunehmend mit multifunktionalen, hybriden Konzepten wie kombinierte Wind- und PV-Anlagen oder sogenannte Agri-PV. Alle dafür erforderlichen Planungs- und Genehmigungsverfahren sind deutlich zu beschleunigen, auch für andere benötigte Energieanlagen wie Speicher oder Elektrolyseure. Begleitet werden muss der Ausbau erneuerbarer Energien und anderer Energieanlagen von einer Reihe von Akzeptanzmaßnahmen, mehr Beteiligung und finanzieller Teilhabe von Bürgerinnen und Bürgern sowie Kommunen. Um systemeffiziente, flexible und resiliente Strukturen zu schaffen, sollte das Land regionale Ansätze wie Quartierskonzepte und Energiegemeinschaften, aber auch Notstromkonzepte auf der Basis erneuerbarer Energien fördern, ebenso die Errichtung von Speichern, die das Land stärker koordinieren kann. Regionale Speicher und Flexibilitätsmaßnahmen verhindern die Abregelung erneuerbarer Energieanlagen.

Zur Stabilisierung des Stromsystems und zur Absicherung der Dunkelflaute werden auch weiterhin Kraftwerke benötigt, der Kraftwerkspark ist jedoch aus Klimaschutz- und Effizienz­sicht deutlich umzubauen. Zukünftige Kraftwerke sollten möglichst umfassend in KWK, perspektivisch ausschließlich mit grünen Brennstoffen betrieben und aus Effizienz­sicht (Abwärmennutzung) dezentral in ganz Deutschland verteilt sein, weshalb sich die gesicherte Leistung in Brandenburg deutlich reduzieren wird. Die Fernwärembetreiber müssen standortbezogene Dekarbonisierungsstrategien entwickeln, ihre Netze für klimaneutrale Einspeiser öffnen und dabei unterstützt werden, beispielsweise durch kommunale Wärmeplanungen. Von allen KWK-Anlagen und den größeren energieverbrauchenden Anlagen (z. B. Elektrolyseure, Rechenzentren etc.) muss die Abwärme möglichst vollständig in Wärmenetze eingespeist werden, dazu kommen die Potenziale erneuerbarer Energien. Hier sind durch das Land insbesondere die Voraussetzungen zur Erschließung der Geothermie zu schaffen. Das Ausbaupotenzial der Wärmenetze erhöht sich dadurch, während die Bedeutung der Gasnetze in der Fläche abnimmt.

Die energiewirtschaftlich genutzte Abfallverbrennung muss spätestens nach 2040 durch entsprechende Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen ersetzt werden und der noch verbleibende fossile Anteil im Mischgas der Kraftwerke vollständig durch grüne Brennstoffe ersetzt werden. Der bevorstehende Strukturwandel der Raffinerien ist in Richtung konsequenter Dekarbonisierung zu begleiten, dabei kann auch hier durch einen dezentraleren Ansatz die Abwärme besser genutzt werden. Beim Aufbau der erforderlichen Wasserstoffinfrastruktur ist auch auf die Etablierung eines Wassermanagements zu achten. Zudem ist mit dem Aufbau von Kohlenstoffkreisläufen zu beginnen, um die Produktion synthetischer Brennstoffe zu ermöglichen. Hierfür sollten innovative Technologien wie Pyrolyseverfahren verstärkt gefördert werden.

Die Bundesebene muss für die meisten der genannten strategischen Schwerpunkte grundlegende Rahmenbedingungen für wirtschaftliches Handeln schaffen, sei es bei der Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsprozesse, der schnelleren Einführung intelligenter Flexibilitäts­optionen oder der (besseren) Förderung von Mieterstrom, PPAs oder Energiegemeinschaften. Das Gutachten listet hierzu eine Vielzahl von Empfehlungen auf.

Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie

Das Handlungsfeld „Klimaneutrale Industrie“ widmet sich den Transformationspfaden der Brandenburger Wirtschaft. Dabei sind zum einen Maßnahmen erforderlich, die die Transformation der energieintensiven Branchen wie der Stahl-, Zement- und Chemieindustrie unterstützen, zum anderen müssen die vielen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), welche wiederum zum Groß-

teil im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) angesiedelt sind, adressiert werden. Generell müssen die Anforderungen, die sich aus dem übergreifendem wie auch dem Sektorziel der Klimaneutralität ergeben, in der Industriestrategie des Landes Berücksichtigung finden.

Im Handlungsfeld Industrie sind zunächst energie- und prozessbedingte Emissionen zu unterscheiden. Beim Handlungsschwerpunkt der energiebedingten Emissionen sind die zentralen strategischen Hebel erstens die Durchdringung von Effizienz-Technologien zu erhöhen und zweitens fossile durch klimaneutrale Energieträger in den Unternehmen sowie in den Industriekraftwerken zu substituieren. Zur Erhöhung der Durchdringung von erneuerbaren Energien sollten u. a. eine Solarpflicht, verpflichtende Prüfungen für den Einsatz und Initiativen für den Bezug klimaneutraler Energien eingeführt werden. Im Strategiefeld der Effizienz gilt es, die bisher ungenutzten Potenziale zu erschließen, beispielsweise durch eine Meldepflicht für nutzbare Abwärme oder die Förderung von Contracting insbesondere für KMU.

Der Großteil der Emissionen ist im Handlungsfeld Industrie auf die prozessbedingten Emissionen insbesondere der energieintensiven Industriebetriebe zurückzuführen. Um diese umfänglich zu senken, muss das Land Brandenburg die Transformation dieser Industriebetriebe unterstützen. Dabei geht es zum einen um die Vermeidung treibhausgasintensiver durch möglichst klimaneutrale, alternative Produkte sowie um neue, klimaneutrale Produktionsverfahren. Auch wenn der Rechtsrahmen für die Transformation der energieintensiven Industrie primär auf der EU- und Bundesebene definiert wird, kommt dem Land Brandenburg vor allem bei der Beratung und Förderung der regionalen Wirtschaft eine besondere Bedeutung zu. Die Substitution durch alternative Produkte muss durch eine entsprechende Bioökonomie- und Kreislaufwirtschaftsstrategie unterstützt werden, zudem können Klimaschutzvereinbarungen und Pilotvorhaben die Durchdringung fördern. Insbesondere für den Umgang mit den schwer vermeidbaren Emissionen der energieintensiven Industrie braucht es eine Carbon Management Strategie des Landes, die auch Strategien für CCU und CCS und andere technische Senkenoptionen beinhaltet. Auch für den Raffineriestandort Schwedt braucht es ein klimaneutrales Zukunftskonzept. Diesbezüglich wird empfohlen, auch dezentrale Produktionskonzepte zu entwickeln, um die großen Abwärmepotenziale besser nutzen zu können. Nicht zuletzt braucht die Industrie sowie die gesamte Brandenburger Wirtschaft für die erforderliche und weitreichende Transformation eine öffentliche Verwaltung, die in der Lage ist, schnelle Planungs- und Genehmigungsprozesse durchzuführen.

Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen, Wohnen

Das Handlungsfeld „Wärmewende, Bauen und Wohnen“ adressiert die direkten und indirekten Emissionen von und in Gebäuden. Gebäude und Haushalte verursachen THG-Emissionen durch die Beheizung der Gebäude, die Bereitstellung von Warmwasser sowie durch den Stromverbrauch, z. B. für IKT, Haushaltsgeräte, Beleuchtung und Kühlung. Den größten Anteil an den Emissionen verursacht dabei aktuell die Raumwärmebereitstellung, die bisher überwiegend auf fossilen Energieträgern basiert. Der Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand in Brandenburg erfordert somit die Umstellung der Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme sowie eine deutliche Senkung des Wärmeverbrauchs durch die Verbesserung der Energieeffizienz der Gebäudehüllen, insbesondere durch energetische Sanierung, und der Anlagentechnik. Auch klimaneutrales und nachhaltiges Planen und Bauen, inklusive einer bedarfsgerechten Flächennutzung, sind für einen klimaneutralen Gebäudebestand notwendig. Neben der Betrachtung von Einzelgebäuden spielt die Quartiersbetrachtung eine wichtige Rolle. Im Quartier können gebäudeübergreifende, klimafreundliche Versorgungslösungen, insbesondere durch Nah- und Fernwärme, realisiert sowie Möglichkeiten der Sektorkopplung und der dezentralen Energiespeicherung effizient geplant und genutzt werden. Die Wärmewende findet entscheidend auf kommunaler Ebene statt und wird durch die lokalen Gegebenheiten geprägt. Daher

kommt der Unterstützung der kommunalen Wärmewende durch das Land Brandenburg im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen eine besondere Bedeutung zu.

Zur Senkung des Wärme- und Stromverbrauchs ist die energetische Gebäudesanierung zentral – hier geht es vor allem darum, die Sanierungsrate und -tiefe zu erhöhen, um den Wärmeverbrauch im Bestand deutlich zu senken. Das Land Brandenburg sollte hierzu durch Verbesserung und Ausbau von Information und Beratung, eine gute Vollzugs- und Qualitätskontrolle, freiwillige Vereinbarungen und Förderung beitragen. Weitere Maßnahmen in diesem Handlungsschwerpunkt adressieren den Wärmeverbrauch in Neubauten, die Reduktion der Klimawirkung der für Sanierung und Neubau eingesetzten Baumaterialien, das Nutzungsverhalten der Endverbraucherinnen und -verbraucher und den Flächenverbrauch. Für eine klimaneutrale Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser sowie den Ausbau der dezentralen CO₂-freien Stromerzeugung sollte das Land Brandenburg ergänzend zum Bundesrecht rechtliche Regelungen für die Landesliegenschaften und Wärmenetzbetreiber und eine allgemeine Solarpflicht einführen, sowie stärker als bisher informierend und beratend tätig werden, Lücken in der Förderlandschaft schließen, die Transformation durch eine gezielte Planung und Verwaltung unterstützen und freiwillige Vereinbarungen mit zentralen Akteuren und Unternehmen abschließen. Wichtig sind zudem Maßnahmen auf kommunaler Ebene, für die das Land die Rahmenbedingungen gestalten kann. Das Land Brandenburg sollte die Erstellung von kommunalen Wärmeplänen fordern und unterstützen und den Austausch zwischen den Kommunen fördern. Hierfür gilt es die Ressourcen in Form von Daten für die Wärmeplanung und Leitfäden sowie ausreichend Personal etwa für die Datenerfassung, -bereitstellung und -pflege und für Genehmigungen bereit zu stellen. Um die Ziele im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen zu erreichen, sind darüber hinaus Maßnahmen notwendig, die Zielkonflikte und Rahmenbedingungen wie den Fachkräftemangel sowie Akzeptanz und Sozialverträglichkeit energetischer Sanierungen adressieren. Zudem sollte das Land überall dort, wo es direkte Handlungsmöglichkeiten hat, seiner Vorbildwirkung gerecht werden.

Handlungsfeld 4: Verkehr und Mobilität

Um einen klimaneutralen Verkehrssektor bis zum Jahr 2045 erreichen zu können, braucht es eine Trendumkehr, da bisher keine THG-Reduktion im Verkehrssektor erreicht werden konnte. Um die gesetzten Klimaziele zu erreichen, müssen die drei Kernstrategien - Vermeiden, Verlagern und Antriebswende - gemeinsam und konsequent verfolgt werden. Die im Verkehrssektor benötigte Gesamtenergiemenge muss durch Vermeidung und Verlagerung von Verkehren gesenkt werden. Mit einer Antriebswende allein können die Klimaziele nicht erreicht werden. Zugleich kann eine Verbesserung eines für die Nutzenden erschwinglichen und attraktiven Mobilitätsangebots mit einer Diversifizierung der Mobilitätsinfrastruktur erreicht werden.

Der Straßenverkehr hatte im Jahr 2018 einen Anteil von rund 84 % an den THG-Emissionen im Verkehrssektor im Land Brandenburg. Der Pkw hat dabei 66 % des Endenergiebedarfs im Straßenverkehr beansprucht. Der motorisierte Individualverkehr (MIV) hat also mit Abstand den größten Anteil am Energieverbrauch und an den THG-Emissionen im Straßenverkehr. Daher muss die Politik die Reduktion der THG-Emissionen im MIV priorisieren, insbesondere durch Maßnahmen zur Vermeidung und Verlagerung. Den MIV-Nutzenden müssen attraktive Alternativen angeboten werden: Der ÖPNV und die Nahmobilitätsinfrastruktur müssen stark ausgebaut und Maßnahmen zur effizienteren Nutzung von Pkw wie Car- und Ridesharing gefördert werden. Die Maßnahmen müssen durch Akzeptanzmaßnahmen begleitet, erklärt und mit einem positiven Narrativ kommuniziert werden. Zusätzlich muss die Antriebswende durch eine Unterstützung des Landes beim Ladeinfrastruktur-Ausbau für batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge beschleunigt werden. Die Landesregierung kann bei der Umsetzung der Antriebswende auf die starke politische Unterstützung auf EU- und Bundesebene zur Elektrifizierung des MIV aufbauen.

Auch der Bus- und der Bahnverkehr müssen auf alternative Antriebe umgestellt werden. In begründeten Fällen kann hier neben der Elektrifizierung auch auf Wasserstoff zurückgegriffen werden, wobei dies aus Effizienzgründen minimiert werden muss. Die Vermeidung, Verlagerung und Antriebswende müssen auch im Güter- und Wirtschaftsverkehr durch breite Maßnahmenbündel gefördert werden. Der Flugverkehr muss durch einen Hochlauf der Produktion von Sustainable Aviation Fuels (SAF) sowie Maßnahmen zum Rückgang der Flugbewegungen zur Reduktion der THG-Emissionen beitragen.

Handlungsfeld 5: Landwirtschaft und Ernährung

Eine Landesstrategie für den landwirtschaftlichen Klimaschutz muss im Kontext einer zu entwickelnden langfristigen Zukunftsvision für die Landwirtschaft und das Ernährungssystem stehen, welche die Bedürfnisse der erzeugenden und verbrauchenden Akteure, der Umwelt und kommender Generationen im Blick hat. Im Vordergrund steht die Schließung der Stoffkreisläufe, insbesondere durch Humuserhalt, eine Reduktion des Imports von Eiweißfuttermitteln und des Einsatzes von Mineraldünger sowie einer stickstoffoptimierten Verwertung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen. Zugleich sollen dadurch leakage-Effekte im Ausland verhindert werden. Daneben steht die betriebswirtschaftliche Sicherung der Landwirtschaftsbetriebe im Vordergrund, u. a. durch Einkommensdiversifizierung mit neuen Kulturpflanzen und multifunktionelle Flächennutzungen, z. B. Agri-PV, zur Erhöhung der (Eigen-)stromversorgung, oder Agroforstsystemen.

Das Ziel der Stärkung der gesundheitsförderlichen, pflanzenbasierten Eigenversorgung steht in Verbindung mit einem trendfolgenden Rückgang der Nutztierhaltung und einer gesamtgesellschaftlichen Umstellung der Ernährungsweisen mit Reduktion des Konsums tierischer Produkte. Dies ist auch in der Begrenztheit der landwirtschaftlichen Flächen und dem zunehmenden Flächenbedarf für Klimaschutzziele aus den anderen Handlungsfeldern (z. B. Ausbau erneuerbarer Energien und Erhalt und Aufbau natürlicher Senken) erforderlich. Zugleich sollten die Eigenfutterquoten (insbesondere bei der Rinderhaltung) durch eine Reduktion von Kraftfuttermitteln vorrangig mit regionalen Eiweißfuttermitteln, sowie einer Erhöhung von Rohfuttermitteln vorzugsweise durch extensive Beweidung, gesteigert werden. Dies beinhaltet gleichzeitig Synergien mit Tierwohl-, Biodiversitäts- und Naturschutzziele.

Insgesamt bedarf es einer verstärkten Integration der Themen Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft in die landwirtschaftliche Ausbildung, zielgerichteter, einzelbetrieblichen Beratungen und Unterstützung für die langfristige Umstellung der Betriebsstrukturen, sowie einer Stärkung beim Aufbau von neuen Wertschöpfungsketten. Gleichmaßen bedarf es auch der Sensibilisierung der Konsumierenden für eine klimaschonende Ernährungsweise und Wertschätzung der gesellschaftlichen Leistungen der Landwirtschaft.

Die maßgeblichen Handlungsschwerpunkte zur Erreichung dieser Ziele leiten sich aus den entsprechenden Emissionsanteilen ab und betreffen erstens die Reduktion der tierbezogenen Emissionen, insbesondere der Rinderhaltung, durch klimaangepasste Produktion (Technik und Produktionsveränderung) und verringertem, klimaangepasstem Konsum tierischer Produkte, zweitens die Steigerung der Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft v. a. beim Düngermanagement und der Düngerausbringung, drittens die standortgemäße und klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung und viertens die Steigerung der Energieeffizienz und -einsparung in der stationären und mobilen Feuerung.

Handlungsfeld 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft

Im Handlungsfeld Abfall und Kreislaufwirtschaft werden die anfallenden Abfallmengen und die Emissionen, die aus deren Verwertung und Beseitigung entstehen, adressiert. Alte Deponien gehören in Brandenburg in diesem Handlungsfeld nach wie vor zu den größten Emittenten von

Treibhausgasen. Maßnahmen für eine höhere Erfassung und Fixierung von Deponiegas und zur Beschleunigung der Abbauprozesse werden empfohlen, um Emissionen weiter zu senken. Ferner sollte bei der Abfallverbrennung darauf hingewirkt werden, dass die zu erwartenden Treibhausgasemissionen der von der LEAG geplanten Ersatzverbrennungsanlage in Jänschwalde schrittweise im erforderlichen Umfang reduziert werden.

Auch die Abfall- und Abwasserverwertung verursacht durch Methan und Lachgasemissionen einen Teil der Gesamtemissionen. Gleichzeitig stellt die Verwertung einen zentralen Baustein zur Schließung von Rohstoffkreisläufen dar. Hier sollten Verbesserungs- und Erweiterungspotenziale für Sortiertechnologien in Brandenburg aufgezeigt sowie Beratungsangebote für Anlagenbetreiber geschaffen werden. Weiterhin sollte der Bau von Anlagen zur Vergärung von Bioabfällen unterstützt und Pilotprojekte für innovative Technologien wie der Schmutzwasserplasmalyse gefördert werden.

Zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft sind die Produkte und Verpackungen zu adressieren. Geeignete Maßnahmen zielen auf die Förderung eines ökologischen Produktdesigns, die Schaffung von Beratungs- und Vernetzungsangeboten, die Forcierung der zirkulären Beschaffung durch die öffentliche Hand und die Fördermittelbereitstellung für Forschungsvorhaben ab.

Die Abfallvermeidung, als oberstes Ziel der Abfallhierarchie, sollte höchste Priorität in der Brandenburger Abfallwirtschaft erhalten. Wesentliche Maßnahmen der Abfallvermeidung sind im Abfallwirtschaftsplan sowie Abfallvermeidungsprogramm enthalten und sollten umgesetzt und weiterentwickelt werden. Darüber hinaus kann über eine Informationskampagne auf die Lösungen und Vorteile verpackungsfreier Produkte aufmerksam gemacht werden. „Product as a service“-Konzepte können ebenfalls zur Abfallvermeidung beitragen. Die Stärkung entsprechender Netzwerke und Anlaufstellen in Brandenburg ist daher wünschenswert.

Auch der Abfalltransport ist zu adressieren. Hier ist darauf hinzuwirken, die Transportwege kurz zu halten und THG-arme bis -neutrale Transportoptionen über die Anpassung von Vergabesystemen und die Nutzung bestehender Förderprogramme zu schaffen.

Handlungsfeld 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung

Die Emissionen des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) basieren vollständig auf biologischen oder biochemischen Prozessen. Aktivitäten zur Energiewende spielen hier dementsprechend eine nachrangige bzw. allenfalls indirekte Rolle. Die biogeographischen Rahmenbedingungen Brandenburgs führen bereits aktuell dazu, dass der Emissionssaldo, im Gegensatz zu dem Gesamtdeutschlands, positiv ausfällt und damit keine Senke ist. Die Emissionen belaufen sich im Jahr 2020 auf 1,83 Mt CO_{2e}, die aktuelle Entwicklung ist dabei bereits maßgeblich vom Klimawandel beeinflusst. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Klimaplanes ein Brandenburg-spezifisches, modellbasiertes Referenzszenario erstellt. Demnach ist davon auszugehen, dass vor allem durch den Temperaturanstieg und die Abnahme von Niederschlägen und weiteren Klimawandelfolgen die Emissionen bis zum Jahr 2045 auf 4,78 Mt CO_{2e} ansteigen werden. Dementsprechend müssen sich Art und Umfang der notwendigen Reduktionen auf die erwarteten Emissionen in 2045 beziehen, die strategische Aufgabe zur Wiederherstellung der Senkenfunktion des Sektors sind noch einmal deutlich herausfordernder.

In strategischer Hinsicht sind damit im Handlungsfeld „Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung“ nicht nur Emissionsquellen zu mindern, sondern auch Emissionssenken, also die Speicherung von klimaschädlichen Gasen durch natürliche Speicherprozesse, aufzubauen und zu optimieren. Zentraler strategischer Ansatz ist dementsprechend der Erhalt bzw. die Steigerung der

Kohlenstoffpools, und zwar im Wald, auf mineralischen Böden des Offenlandes und in der Offenland-Biomasse, auf organischen Böden, also Moor- und Anmoorflächen und in Siedlungs- und Infrastrukturf lächen.

Klimawandelbedingt ist im **Wald**, als einzige relevante, natürliche Emissionssenke in Brandenburg, mit einer deutlichen Verringerung der Kohlenstoffpools vor allem in der Biomasse und im Waldboden zu rechnen. Strategisches Ziel ist dementsprechend, diesem Verlust weitestgehend entgegenzuwirken. Schlüsselmaßnahmen sind dabei der Umbau der zu sehr großen Teilen monostrukturierten Kiefernwälder zu klimaresilienten Mischwäldern und die Nutzungsextensivierung bzw. in bestimmten Teilräumen auch eine Nutzungsaufgabe. Aufgrund der Trägheit der vorwiegend auf Naturverjüngung basierenden Umbauaktivitäten - selbst bei erheblicher Intensivierung sind bis 2045 zusätzlich nur etwa 184.000 ha der insgesamt 1 Mio. ha des Brandenburger Waldes klimaresilient umgebaut - kann das formulierte strategische Ziel innerhalb der bestehenden Waldkulisse nicht erreicht werden. Aus diesem Grund muss als weiterer Schlüsselfaktor die Waldfläche durch Erstaufforstung vergrößert werden. Im Szenario I werden hier knapp 60.000 ha zusätzlicher Waldfläche berechnet. Zudem sind die bestehenden Waldflächen unbedingt zu erhalten und zu schützen, auch deshalb, weil der Verlust des Kohlenstoffpools bei einer Inanspruchnahme von Waldflächen beispielsweise durch Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung selbst bei sofortiger Wiederaufforstung an anderer Stelle nur in sehr langen Zeiträumen kompensiert werden kann.

Schlüsselfaktor für eine Optimierung der Kohlenstoffpools der **Offenland-Biomasse** ist eine deutliche Vergrößerung von gehölzartigen Landschaftselementen und der Etablierung von Agroforstsystemen im Landwirtschaftsraum. Bilanziell wird hier mit zusätzlich ca. 30.000 ha von einer Verdopplung der Fläche für Landschaftselemente in Brandenburg ausgegangen. Damit wird flächenmäßig der Zustand von 1990 rekonstruiert, die entsprechende Maßnahme wirkt dem massiven Verlust von Landschaftsstrukturen seit der Wiedervereinigung entgegen.

Die mit Abstand größte Emissionsquelle im Sektor LULUCF in Brandenburg sind mit jährlich 7,87 Mt CO_{2e} in 2045 die **Niedermooremissionen des Offenlandes**. Betroffen sind knapp 45.000 ha Ackerland und knapp 145.000 ha bewirtschaftetes Grünland. Durch eine Änderung der Nutzungsform, insbesondere die Umwandlung von Acker in Dauergrünland, vor allem aber durch eine Erhöhung der Grundwasserflurabstände, können die emissionsverursachenden Mineralisierungsprozesse weitgehend minimiert, im idealen Fall fast vollständig vermieden werden. Das Emissionsverhalten je Hektar Ackerland kann von durchschnittlich 40 t CO_{2e} durch Wiedervernässung auf ca. 0 bis 8 t CO_{2e} reduziert werden. Auf den meisten Flächen ist eine Fortführung der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung nach Wiedervernässung nicht mehr möglich, notwendig ist daher die Entwicklung und Etablierung von Alternativen in Form nasser Landwirtschaft, ggf. auch nasser Forstwirtschaft. Für diese Alternativen ist ein wirtschaftlicher Rahmen zu schaffen; in einem zeitlich nicht genau eingrenzba ren Übergang im Transformationsprozess wird es zudem erforderlich sein, die Wertschöpfungsverluste für die landwirtschaftlichen Betriebe und die Landbesitzenden zu kompensieren. Um die Klimaneutralitätsziele zu erreichen, ist eine jährliche Wiedervernässung auf ca. 9.000 ha ab dem Jahr 2024 zu erreichen. Es ist absehbar, dass die bisherigen administrativen Strukturen hierfür nicht ausreichen werden. Planungen, wasserrechtliche Genehmigungen ggf. in Form von Planfeststellungen, Flurneuordnungsverfahren, arten- und naturschutzrechtliche Verfahren usw. sind komplex und personalintensiv. Alle Vorgänge müssen unter Erhalt einer größtmöglichen gesellschaftlichen Akzeptanz in den betroffenen Regionen stattfinden, die Schaffung von regionalisierten administrativen Einheiten mit Unterstützungsfunktion vor allem für die betroffenen landwirtschaftlichen Eigentümerinnen und Eigentümer sind für die Akzeptanz unerlässlich. Gemäß Schätzung werden durch die zu leistenden Kompensations-

zahlungen, die technischen Maßnahmen der Wiedervernässung sowie die zu schaffenden administrativen Strukturen Kompensationskosten in Höhe von 1 Mrd. Euro bis 2030 notwendig, die bestenfalls durch die Schaffung von Erläsoptionen auf den Flächen gemindert werden. Die Zahlen zeigen jedoch, dass der Transformationsprozess der Landschaft und der Landschaftsnutzung in Brandenburg durchaus die Dimension des Kohleausstiegs erreicht.

Nicht unerwähnt bleiben sollen die Siedlungs- und Infrastrukturflächen. Selbst wenn die Dimension nicht mit denen der Mooremissionen vergleichbar ist, müssen Emissionen durch Inanspruchnahme von Offenland, insbesondere Offenland mit organischen Böden, ebenfalls reduziert werden. Eine strikte Einhaltung des 30-Hektar-Ziels und der vollständigen Vermeidung der Inanspruchnahme organischer Standorte sind hier das strategische Ziel. Eine ergänzende rechtliche Definition des „Schutzgutes Moor“ in der Landesentwicklungs-, Regional- und Bauleitplanung ist hier einer der Schlüsselfaktoren.

Handlungsfeld 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte

– HF 8-1: Klima-Governance

Da die Klima-Governance als zentrale übergreifende politische Strategie anzusehen ist, wird dieser Handlungsschwerpunkt im Gutachten – anders als im Beschlussdokument der Landesregierung vom November 2021 – vorangestellt. In strategischer Hinsicht gilt, dass das Land Brandenburg ohne entsprechende Rahmenbedingungen des Bundes nicht aus eigener Kraft klimaneutral werden kann, weshalb es die Bundesebene auf allen zur Verfügung stehenden Ebenen in dieser Richtung unterstützen und vorantreiben muss. Auch die Partnerschaft mit Berlin muss bei diesem Thema intensiviert werden.

Als Schlüsselement einer Brandenburger Klima-Governance empfehlen die Gutachterinnen und Gutachter die Verabschiedung eines entsprechenden Klimaschutzgesetzes, um die Ziele und deren Erreichung verbindlich für alle zu Beteiligten zu machen. Die hohe Bedeutung sollte sich ebenfalls in allen Strukturen und Regelwerken widerspiegeln, sei es durch die Schaffung eines Klimakabinetts, die Implementierung des überragenden öffentlichen Interesses in die Brandenburger Gesetze und Regelwerke, die (zumindest mittelfristige) Festlegung, dass Klimaschutz eine kommunale Pflichtaufgabe ist oder die Einrichtung eines unabhängigen Klimarats. Für die administrative Ausgestaltung und Aufgabenerfüllung braucht es ausreichend Personalkapazitäten in allen Verwaltungsteilen, und für die Umsetzung in den Kommunen und privaten Haushalten sowie in der Wirtschaft ergänzend zu den Bundesmitteln – die möglichst maximal auszuschöpfen sind - auch finanzielle Mittel durch einen Klima-Fonds des Landes im Umfang von mind. 0,5 Mrd. Euro jährlich in den nächsten 5 Jahren. Um die stark ansteigenden Beratungsbedarfe in allen Handlungsfeldern und für die verschiedenen Zielgruppen abzudecken, sollte die bisherige Energieagentur zu einer Energie- und Klimaschutzagentur deutlich erweitert werden.

– HF 8-2: Vorbildrolle öffentliche Hand

Mit der Vorbildrolle gegenüber der Wirtschaft und den Bürgerinnen und Bürgern übernimmt die öffentliche Hand als sehr großer Nachfrager einen wichtigen Beitrag zur Etablierung und Verbreitung klimaneutraler Lösungen im Land. Gemäß Kabinettsbeschluss ist das Ziel des Handlungsschwerpunkts, alle Behörden und öffentlichen Einrichtungen in allen emissionsrelevanten Bereichen systematisch auf Klimaneutralität umzustellen, darunter beispielsweise die Liegenschaften, die Strom- und Wärmeversorgung, die Fuhrparke sowie das Beschaffungswesen. Um der Vorbildrolle gerecht zu werden, wird im Gutachten empfohlen, dieses Ziel deutlich früher als 2045 zu erreichen, beispielsweise spätestens bis zum Jahr 2035. Zudem sollte das Klimaneutralitätsziel auch alle Unternehmen und Einrichtungen in (mehrheitlich) öffentlicher Hand umfassen. Auch müssen geeignete öffentliche Flächen für das Klimaneutralitätsziel genutzt werden, selbst oder

durch Dritte. Gemäß Kabinettsbeschluss sollen auch die Kommunen dem Klimaneutralitätsziel folgen, hierfür müssen diese mit entsprechenden Ressourcen ausgestattet werden und Beratungsleistungen erhalten. Um das Ziel der Klimaneutralität in der öffentlichen Verwaltung auf allen Ebenen zu erreichen, wird u. a. die Einführung eines Koordinationsgremiums und eines Monitoring-systems empfohlen. Für die drei großen Themenfelder klimaneutrale Liegenschaften, Fuhrparke und Beschaffung sind entsprechende Strukturen und Finanzmittel bereitzustellen, letzteres gilt insbesondere für die Kommunen. Für die Liegenschaften und Fuhrparke/Mobilität sind im Gutachten zudem eine Reihe von Empfehlungen in den entsprechenden Handlungsfeldern formuliert.

– HF 8-3: Klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung

Einer klimaschonenden und nachhaltigen Raumentwicklung und -planung kommt gemäß dem Beschluss der Brandenburger Landesregierung eine zentrale Bedeutung zu, um eine ausreichende Flächenbereitstellung zum Erreichen der Klimaneutralität zu gewährleisten, beispielsweise für die Entwicklung von erneuerbaren Energien und deren Infrastruktur. Energienetze, Elektro-, Gas- und Wärmespeicher, neue Anlagen zur Energieerzeugung wie Elektrolyseure, aber auch Verkehrsinfrastrukturen für den Umweltverbund oder die Elektromobilität sowie Flächen mit THG-Senkenwirkung müssen raumplanerisch berücksichtigt und mit anderen Belangen abgestimmt werden. Bereits der aktuelle Landesentwicklungsplan sieht eine solche Abwägung für eine klimaneutrale Energieversorgung vor; diese gilt es nun unter Erfüllung der Vorgaben des Bundes rechtssicher und deutlich beschleunigt in eine entsprechende Raum- und Regionalplanung zu überführen. Flächenkonflikte, die sich auch aus unterschiedlichen Klimaschutzstrategien wie dem Zubaubedarf erneuerbarer Energien und dem Schutzbedarf von Wald- und Moorflächen ergeben können, sind beispielsweise durch hybride Mehrfachnutzungskonzepte und verstärkte Nutzung versiegelter Flächen zu mindern. Insgesamt müssen unter Berücksichtigung dieser Abwägungen für alle Klimaschutzbereiche, so beispielsweise für die Windenergie ebenso wie für die Wiedervernässung, die gemäß Szenario I vorgeschlagenen Flächen planerisch zeitnah verfügbar gemacht werden.

Dafür sind die Verfahren der Landes- und Regionalplanung zur Planung von Flächen für Klimaschutz und Klimaanpassung deutlich zu beschleunigen, und bei Abwägungen das überragende öffentliche Interesse am Ausbau der erneuerbaren Energien und dem Erhalt der natürlichen Senken Rechnung zu tragen. Es sind die konkreten Flächenbedarfe (kontinuierlich) zu ermitteln und das Grundprinzip der Flächenschonung durch eine Vielfalt von Ansätzen zu unterstützen, u. a. durch stärkere Nutzung von versiegelten Flächen, Infrastrukturtrassen, Gewerbegebieten und Tagbauflächen, vereinfachte Lösungen für Repowering und Denkmalschutz oder Mehrfachnutzungen von Flächen, aber auch die räumlich nahe Energieversorgung von Siedlungen und Gewerbe. Die oberirdisch orientierte Raumplanung muss zudem um eine Raumplanung des Untergrunds mit Fokus auf die Geoenergienutzung ergänzt werden. Alle genannten raumordnerischen Aspekte müssen letztlich im Zusammenspiel mit der gemeindlichen Bau(leit)planung umgesetzt werden, die diese Ziele bzw. Grundsätze nicht konterkarieren darf.

HF 8-4: Klimaneutralität braucht Fach- und Arbeitskräfte

Um die Ziele für ein klimaneutrales Brandenburg in allen Sektoren in die Umsetzung zu bringen, braucht es ein entsprechendes Fach- und Arbeitskräfteangebot - und damit auch die strategische Beseitigung des aktuellen und sich gemäß dem stark ansteigenden Bedarf verschärfenden Fachkräftemangels. Das Ziel des vorgeschlagenen Maßnahmenbündels ist es, die Elemente der branchenübergreifenden Fach- und Arbeitskräftestrategie des Landes Brandenburg zum Bilden, Halten und Gewinnen von Fach- und Arbeitskräften für Beschäftigungen in klimaschutzrelevanten

Tätigkeitsfeldern in den Brandenburger Unternehmen umzusetzen und hierfür den Schulterchluss der Arbeitsmarktakteure herzustellen. Hierzu gehören ein frühzeitiges Engagement der Unternehmen zur Gewinnung von Fachkräftenachwuchs im Rahmen der Berufsorientierung und beruflichen Ausbildung sowie Investitionen in die berufliche Weiterbildung mit dem Ziel, Kenntnisse und Fähigkeiten fortlaufend an technologische Veränderungen anzupassen. Hier sollten bestehende Kampagnen und Bildungsangebote auf die Anforderungen der Klimaneutralität erweitert werden. Darüber hinaus müssen Unternehmen attraktive Arbeitsbedingungen im Sinne Guter Arbeit bieten. Zudem gilt es, bei der Suche nach Fach- und Arbeitskräften weitere Zielgruppen verstärkt in den Blick zu nehmen. Hierzu gehören neben Absolventinnen und Absolventen von Brandenburger Hochschulen auch ausländische Fach- und Arbeitskräfte.

HF 8-5: Bildung, Wissenschaft und Forschung

Der möglichst rasche Umstieg auf klimaneutrale Technologien und Infrastrukturen in allen gesellschaftlichen Bereichen wird bereits durch eine aktive Bildungs-, Forschungs- und Wissenschaftspolitik flankiert. Diese ist vor dem Hintergrund der neuen Anforderungen an die Klimaneutralität zu aktualisieren und noch konsequenter in allen Bereichen zu verankern.

Die Integration des Themas Klimaschutz in alle Bildungsphasen und -bereiche eröffnet die Chance auf eine höhere Akzeptanz und mehr Engagement für das Thema, auf Verhaltensänderungen im Sinne des Klimaschutzes sowie auf eine verstärkte Berufswahl in den Themenfeldern der Klimaneutralität. Dafür sind unter anderem bestehende Bildungsangebote beispielsweise in Kitas und Schulen, in der Jugendarbeit und Erwachsenenbildung, aber auch in der Aus-, Fort- und Weiterbildung auf die Anforderungen der Klimaneutralität zu erweitern und diese zu verstetigen. Auch die reale Umsetzung von Klimaneutralität ist in Bildungseinrichtungen mit entsprechender Förderung und Unterstützung zu stärken, damit diese ihrer Vorreiterrolle gerecht werden können. Das freiwillige Jahr sollte verstärkt in Tätigkeiten und Berufen erfolgen, die dem Erreichen der Klimaneutralität dienen.

Auch Wissenschaft und Forschung nehmen eine essentielle Rolle beim Erreichen der Klimaneutralität ein. Das akademische Aus- und Weiterbildungsangebot der Hochschulen sollte dementsprechend alle notwendigen Lehrangebote für die relevanten Themenfelder der Klimaneutralität abdecken. Im Bereich der Forschung sollten durch entsprechende Förderprogramme die für die Klimaneutralität erforderlichen Forschungsthemen, Konzepte und Technologien untersucht bzw. entwickelt und in Pilotvorhaben angewendet werden. Dabei sollte verstärkt auf die in Brandenburg bereits vorhandene und in Teilen exzellente Wissenschaftslandschaft zurückgegriffen werden, deren Potenziale zudem gezielter für die Politikberatung des Landes (Initiierung eines Climate Neutrality Forum Brandenburg) sowie die Gestaltung und Begleitung der konkreten Transformationsprozesse vor Ort (u. a. durch Stärkung von Transferaktivitäten) genutzt werden kann. Auch hier gilt wie im Bildungsbereich: Die Hochschulen müssen als klimaneutrale Einrichtungen vorangehen, Vorbild zur Mitgestaltung und Multiplikator sein.

HF 8-6: Akzeptanz und Verbraucherschutz

Der rasche Umbau hin zur Klimaneutralität bedarf der Unterstützung und Mitwirkung aller Brandenburgerinnen und Brandenburger. Die Akzeptanz für die Energiewende und der weiteren Maßnahmen im Kontext der Klimaneutralität ist zwar generell hoch, zur Aufrechterhaltung und Erhöhung der Akzeptanz vor Ort braucht es jedoch spezifische Maßnahmen. Insbesondere mit Blick auf die benötigten zusätzlichen Flächen für die Energiewende muss es parallel ein Maßnahmenbündel geben, das sicherstellt, dass ein großer Teil des ökonomischen Nutzens der EE-Anlagen vor Ort verbleiben kann. Diesbezüglich ist die finanzielle Teilhabe von Bürgerinnen und Bürgern an der Energiewende deutlich zu stärken. Eine Beteiligung am politischen Prozess stellt ein

Klimabürgerinnen und -Bürger-Rat dar, die Beteiligung an Planungs- und Genehmigungsprozessen ist zu erhöhen bzw. sicherzustellen. Kampagnen und Informationen zur Klimaneutralität sind zu etablieren, die Beratung auszubauen, auch zu neueren Formen wie Energiegemeinschaften. In ähnlicher Weise können grüne Regionalstromangebote, aber auch die finanzielle Beteiligung der Kommune an Energiewendeanlagen die Akzeptanz stärken, weshalb dies ermöglicht und gefördert werden sollte.

Aus Sicht des Verbraucherschutzes gilt es zudem insbesondere die Sozialverträglichkeit der Klimaneutralität im Blick zu halten. Dies gilt gleichermaßen für die Vermeidung einer zu hohen Kostenbelastung durch die Nutzung fossiler Energieträger wie auch durch klimaneutrale Maßnahmen (wobei hier maßgeblich die Bundesebene zu adressieren ist). Schlüsselstrategien für Akzeptanz wie auch Verbraucherschutz sind daher einerseits Beratung und andererseits Beteiligung (zur Bildung s. o.).

HF 8-7: Bioökonomie

Die Bioökonomie zielt auf den Ersatz fossiler durch biobasierte Ressourcen (biogene Rohstoffe, Reststoffe und Abfälle) in allen wirtschaftlichen Sektoren ab. Damit bietet sie bei einer nachhaltigen Anwendung das Potenzial, Beiträge zur Dekarbonisierung, zur Ressourcenschonung sowie zum Umweltschutz zu leisten. Zugleich können mithilfe der Bioökonomie zusätzliche Arbeitsplätze in der Region geschaffen werden, da größtenteils importierte Rohstoffe ersetzt werden. Handlungsbereiche der Bioökonomie finden sich neben der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft beispielsweise in der Bau-, Energie- und Textilwirtschaft sowie in der Chemie-, Kunststoff- und Pharmaindustrie. Die aktuell in Erarbeitung befindliche Bioökonomie-Strategie des Landes sollte dabei die effiziente Verwendung der begrenzt verfügbaren, biobasierten Ressourcen im Rahmen einer Koppel- und Kaskadennutzung sicherstellen und neben der vorrangigen Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln die Herstellung einer Vielfalt an stofflichen und energetischen Produkten ermöglichen. Hier sind vor allem ein verstärkter Einsatz von biobasierten Baustoffen (insbesondere Substitution von konventionellen Dämmmaterialien und Beton) sowie von biobasierten Kunststoffen (in allen Anwendungen und Sektoren) zu nennen. Eine verstärkte Kaskadennutzung und eine nachhaltige Erzeugung und Bereitstellung biogener Rohstoffe sind zudem Schlüsselstrategien. Die Biomassepotenziale werden sich nicht nur durch den Klimawandel und die Klimaschutzpolitik verändern, sondern auch (und in Verbindung damit) durch veränderte Flächennutzungen, wie sie hier im Gutachten skizziert werden. Der Fokus auf eine regionale Strategie ermöglicht eine Stärkung des ländlichen Raums durch Wertschöpfung, Beschäftigung und Resilienz.

2 Einführung

2.1 Hintergrund und Erarbeitung

Politischer Kontext: Der Koalitionsvertrag der aktuellen Brandenburger Regierung aus dem Jahr 2019 sieht die erstmalige Erarbeitung eines Klimaplanes als verbindliche Klimaschutzstrategie des Landes Brandenburg vor. Dieses Vorhaben wurde per Kabinettsbeschluss bestätigt und in der Folge auch per Landtagsbeschluss im Juni 2020 bekräftigt. In diesen Beschlüssen wurde als Ziel das Erreichen der Treibhausgasneutralität bis spätestens 2050 festgelegt.¹² Mit den aktuellen Entwicklungen auf EU- und Bundesebene - insbesondere durch das EU-Klimagesetz, den Beschluss des Bundesverfassungsgerichts sowie infolgedessen die Verschärfung des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) - haben sich die Anforderungen mittlerweile in Richtung der Erreichung der Klimaneutralität mindestens bis 2045 verschoben. Vor diesem Hintergrund hat auch die Brandenburger Landesregierung die Zielsetzung für Klimaneutralität am 16. November 2021 um fünf Jahre auf „spätestens 2045“ vorgezogen (Landesregierung Brandenburg 2021). Der Klimaplan soll als landesbezogene Klimaschutzstrategie Maßnahmen zur Treibhausgasminimierung und zur Erhöhung der Leistung natürlicher Senken wie Wälder und Moore beinhalten, welche die im Klimakontext ebenfalls relevanten Einzelstrategien der Ressorts ergänzt und einbezieht. Die Koordination erfolgt in einer Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMAG) Klimaplan unter Federführung des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK).

Beauftragung: Das MLUK hat im Mai 2021 zur Erstellung der fachlichen Grundlagen des Klimaplanes ein Projektteam unter der Leitung des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) mit der Erarbeitung eines Gutachtens beauftragt. Gemeinsam mit einer Reihe von Fachpartnern hat das IÖW eine sektorspezifische Bestandsanalyse, zwei differenzierte Szenarien und eine Vielzahl von Strategie- und Maßnahmenempfehlungen erarbeitet. Die ausführliche Bestandsanalyse mit abgeschätzten Trendverläufen wurde bereits als Zwischenbericht veröffentlicht (Hirschl et al. 2022). Der vorliegende Bericht enthält die Szenarien sowie Empfehlungen für Zielwerte und umsetzungsorientierte Maßnahmen, mit denen diese Zielwerte erreicht werden können. Die Ergebnisse des Gutachtens fließen in den Erarbeitungsprozess des Klimaplanes durch die Landesregierung ein.

Beteiligung: Die Entwicklung der Szenarien und insbesondere der Maßnahmen wurde in mehreren Schritten mit einer Vielzahl von Akteuren diskutiert. Dabei wurden in frühen Phasen Impulse und Ideen eingesammelt und Feedbacks zu Grobentwürfen und Konzepten eingeholt, in weiteren Runden wurden konkretere Ausarbeitungen, Zwischenergebnisse und Vorschläge zur Diskussion

¹² In diesem Gutachten wird der Begriff der Treibhausgasneutralität (THG-Neutralität) vereinfachend gleichgesetzt mit Klimaneutralität. Damit wird dem rechtlichen und politischen Sprachgebrauch beispielsweise in Dokumenten zum Pariser Klimaabkommen oder zur Klimapolitik der Europäischen Union gefolgt, die beide Begriffe in der Regel synonym verwenden (Luhmann und Obergassel 2020). In wissenschaftlicher Hinsicht ist jedoch zwischen beiden Begriffen zu unterscheiden. Treibhausneutralität meint den Ausgleich zwischen (anthropogenen) THG-Emissionen und -Senken, zielt also auf eine sog. „Netto-Neutralität“, bei der de facto auch noch (Rest-)Emissionen stattfinden können. Der Begriff der Klimaneutralität umfasst noch weitere (anthropogene) klimawirksame Effekte, vor allem biogeophysikalischer Natur wie beispielsweise den Effekt auf die Albedo, der u. a. durch Flächenver- und -entsiegelung, das Abschmelzen von Eisflächen oder veränderte Landnutzung entsteht (IPCC 2018; dena 2020). Eine Teilmenge der THG-Neutralität ist die CO₂- oder „Carbon“-Neutralität, die das dominierende Treibhausgas CO₂ umfasst. Zentraler Grund für die Anwendung des Konzepts der THG- oder CO₂-Neutralität liegt in der Verfügbarkeit von Daten und Methoden, die beispielsweise im Rahmen der hier maßgeblichen Bilanzierung vorhanden sind und angewendet werden - so auch in diesem Gutachten (siehe auch Abschnitt 3.1 sowie die entsprechenden Ausführungen im Zwischenbericht (Hirschl et al. 2022)).

gestellt und angereichert. Im Einzelnen sind die folgenden Interaktionsformate und Diskussionsgruppen hervorzuheben:

- Stakeholder-Interaktion mit Teilnehmenden aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft sowie Verwaltung, inklusive Teilnahme von Jugendvertretenden
 - Auftaktveranstaltung sowie zwei Stakeholder-Workshops je Handlungsfeld
- Beteiligung der Kommunen
 - Zwei Kommunalworkshops mit Vertretenden von Kommunen, kommunalen Verbänden und Unternehmen
- Beteiligung der jungen Generation
 - Themenschwerpunkt Klimaplan auf zwei Jugendforen mit Teilnehmenden aus dem Projektteam
- Online-Beteiligung der breiten Öffentlichkeit zur Sammlung von Maßnahmenvorschlägen in den acht Handlungsfeldern
- Beteiligung der Verwaltung
 - Fachliche Feedbacks aus den jeweils zuständigen Fachreferaten und –Abteilungen der beteiligten Ressorts und Behörden

Durch die breit angelegte Beteiligung konnten viele Annahmen und Konzeptionen validiert und verbessert, viele Hinweise und Ideen aufgenommen und Vorschläge geschärft werden. In den nachfolgenden Darstellungen werden einzelne dieser Impulse aus den Beteiligungen stellvertretend und schlaglichtartig dargestellt.

Verlauf und politische Verzahnung: Das nachfolgend dargestellte Gutachten war im Verlauf seiner Erarbeitung eng mit dem klimapolitischen Prozess des Landes Brandenburg verbunden. So wurden bereits im November 2021 vom Brandenburger Kabinett die relevanten Handlungsfelder beschlossen (Landesregierung Brandenburg 2021), die strukturierend für die Erarbeitung wie für den Beteiligungsprozess waren. Zuvor war in enger Interaktion mit der IMAG auf Basis der gutachterlichen Vorschläge eine entsprechende Vorlage erarbeitet worden. Aus den Szenarienergebnissen und den daraus abgeleiteten Empfehlungen wurden Zwischen- und Sektorzielwerte abgeleitet und von der Landesregierung beschlossen (Landesregierung Brandenburg 2022c).¹³ Da sich unmittelbar nach der Berechnung dieser Werte als Basis der Empfehlungen an die Landesregierung ein relevanter neuer Datenstand bei Landwirtschaft und LULUCF ergeben hat (sog. Thünen-Submission aus dem Mai 2022, siehe auch Abschnitt 3.7), wurden die entsprechenden Berechnungen im Rahmen einer ergänzenden Beauftragung auf Grundlage der neuen Datenlage aktualisiert und neu bilanziert. Hieraus ergeben sich leichte, aber keine signifikanten Abweichungen zu den Beschlusswerten des o. g. Dokuments der Landesregierung. Die entsprechenden Ergebnisse und Auswirkungen sind nachfolgend separat ausgewiesen.

Aufbau des Gutachtens: Das Gutachten baut auf der Bestands- und Trendanalyse des Zwischenberichts auf, die nachfolgend kurz wiedergegeben wird. Daran schließt sich im Kapitel 3 die Erarbeitung der beiden beauftragten Szenarien an. Hier werden zunächst übergreifende methodische Aspekte und grundlegende Annahmen dargestellt. Weitere sektorspezifische Annahmen

¹³ Die beschlossenen Zwischen- und Sektorzielwerte finden sich zum Vergleich im Anhang 6.3, ihre Herleitung in den nachfolgenden Szenarienkapiteln.

und Szenariodesigns finden sich in den daran anschließenden Abschnitten zu den Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie, Abfallwirtschaft und Sonstiges, Landwirtschaft sowie Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). In jeder Sektordarstellung wird auf beide Szenarien im Einzelnen sowie im Vergleich eingegangen und es wird die Vorzugswürdigkeit eines der Szenarien diskutiert. Im Anschluss erfolgt die Darstellung der Ergebnisse der Gesamtbilanzierung beider Szenarien im Vergleich, eine Gesamtwürdigung der vergleichenden Diskussionen und abschließend die Empfehlung für das vorzugswürdige und wahrscheinlichere Szenario als Basis für die Verabschiedung von Zwischen- und Sektorzielen durch die Landesregierung. Nach der Wahl auf das favorisierte Szenario werden im Kapitel 4 die Strategie- und Maßnahmenempfehlungen dargestellt. Auch hier erfolgt nach einer Einführung zu methodischen und strategischen Aspekten eine Darstellung, die sich gemäß Kabinettsbeschluss (s. o.) nach den folgenden Handlungsfeldern orientiert: 1: Energie und Wasserstoffwirtschaft, 2: Klimaneutrale Industrie, 3: Wärmewende, Bauen und Wohnen, 4: Verkehr und Mobilität, 5: Landwirtschaft und Ernährung, 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft, 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung sowie 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte. Im Anhang des Gutachtens finden sich zentrale Datenblätter aus der Gesamtbilanz des Gutachtens sowie eine Gesamtübersicht über alle Maßnahmen.

2.2 Die Ausgangslage

Im Zwischenbericht zu diesem Gutachten (Hirschl et al. 2022) wurde zum einen eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Bilanzdaten nach den hier relevanten Sektoren (s. o.) vorgenommen, mit welcher auch die Grundlage für die spätere Szenariomodellierung gelegt wurde. Zum anderen wurden auf der Basis der ermittelten Entwicklungen vereinfachte Trendanalysen vorgenommen, um zu schauen, ob die bisherigen Entwicklungen der letzten Jahre bereits in eine zieladäquate Richtung weisen. Das Ergebnis dieser Analyse vorweggenommen: dies ist leider nicht der Fall, in mehreren Sektoren weisen die Entwicklungen sogar einen THG-Wachstumspfad auf, und in Summe wird das Ziel der Klimaneutralität 2045 klar verfehlt.

Diese Entwicklung und einen in Summe stagnierenden Trend zeigt die summarische Abbildung 15 aus dem Zwischenbericht auf, die erstens die klare THG-Dominanz des Energiesektors belegt und zweitens zeigt, dass in den letzten Jahren nur der Kohleausstieg und die Verbrauchsrückgänge während der Corona-Pandemie für eine THG-Abnahme gesorgt haben, während bei allen Sektoren kaum signifikante Bewegung zu erkennen ist. Während in den Jahren nach der Wiedervereinigung signifikante THG-Rückgänge zu verzeichnen waren, erlebte Brandenburg diesbezüglich in den Jahren 2010 bis 2018 eine lange Phase der Stagnation. Eine vereinfachte Projektion auf Basis dieser Entwicklungen und unter Berücksichtigung des sich weiter vollziehenden Kohleausstiegs in den 2030er Jahren offenbart, dass Brandenburg nicht ohne massive zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen in allen Sektoren zum Ziel kommen kann.

Mit vollzogenem Kohleausstieg rücken die THG-Emissionen der anderen Sektoren mehr in den Fokus, weshalb sich ein genauerer Blick auf die aktuellen Entwicklungen lohnt. Die Abbildung 16 zeigt die Trendentwicklungen der nach dem Energiesektor relevanten Sektoren Gebäude, Verkehr, Industrie und LULUCF auf - die alle in die falsche Richtung weisen. Insbesondere im Fall der Industrie ist dies signifikant, aber auch der Trendpfad des Sektors LULUCF ist besorgniserregend, da dieser Sektor perspektivisch als sogenannter Senkensektor die verbleibenden THG-Restemissionen kompensieren und uns zu einer netto-negativen Emissionsbilanz führen soll.

Abbildung 15: THG-Emissionstrends für Brandenburg mit vereinfachten Kohleausstiegsvarianten

Quellen: Eigene Darstellung nach LfU (2021), Thünen (2020), AfS BBB (2019a), UBA (2021c).

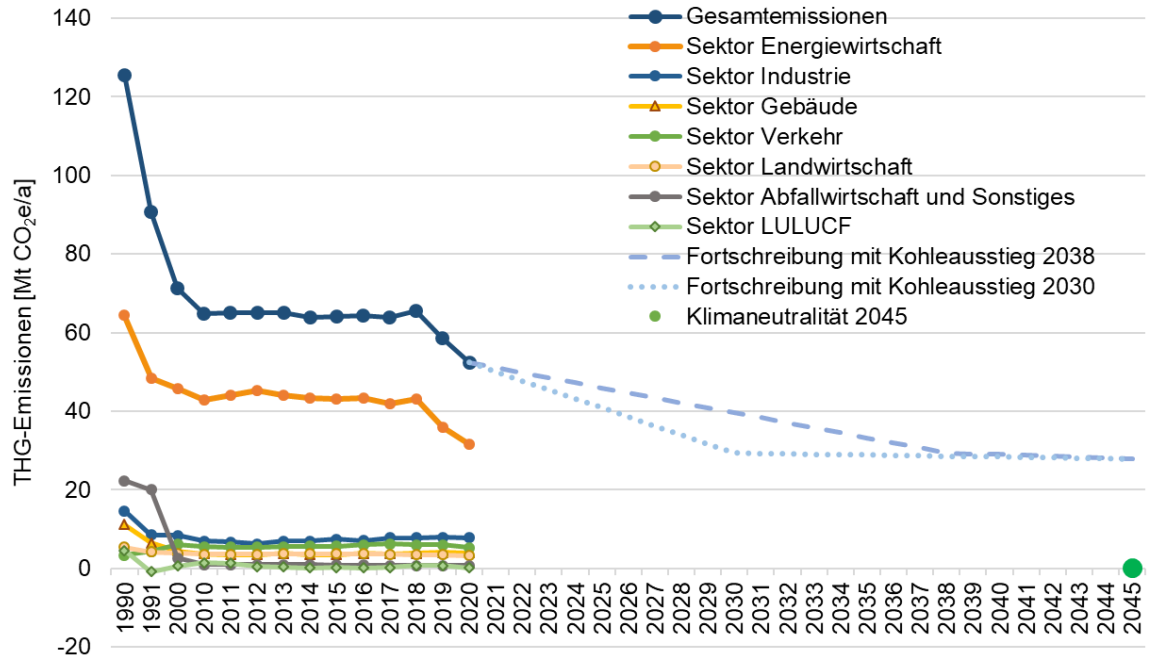
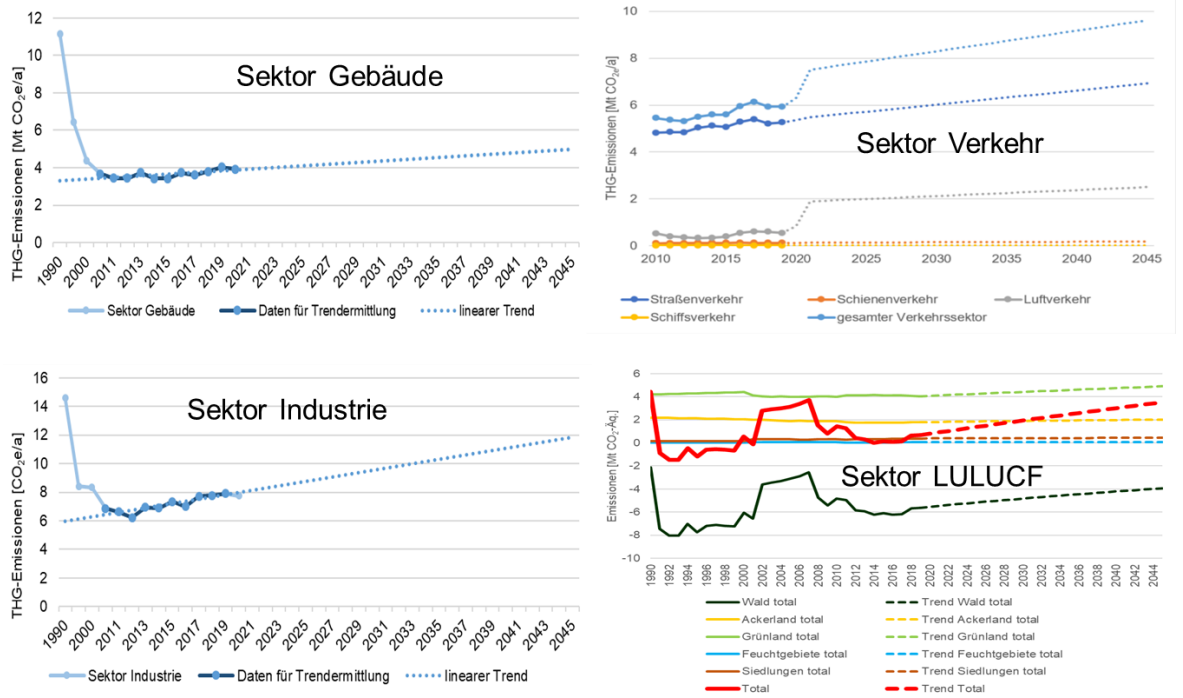


Abbildung 16: Trendanstiege der THG-Emissionen der Sektoren Gebäude, Verkehr, Industrie und LULUCF

Quelle: Hirschl (2022).



3 Szenarien für ein klimaneutrales Brandenburg

Im Rahmen des Gutachtens wurde die Erstellung von zwei Zielszenarien beauftragt, die unterschiedliche Wege zur Klimaneutralität aufzeigen sollen. Nachfolgend werden eingangs die Grundzüge der generellen Herangehensweise und Methodik bzw. das grundlegende Design der beiden im Rahmen dieses Gutachtens berechneten Szenarien dargestellt. Im Anschluss daran werden die zentralen übergreifenden Annahmen beschrieben, die in beiden Szenarien in gleicher Weise angesetzt wurden. Die Darstellung der differenzierten Modellierung erfolgt im Anschluss je Sektor.

Auf eine Besonderheit der Szenarienerstellung sei an dieser Stelle hingewiesen: Während der Großteil der sektoralen Modellierungsarbeiten zum Sommer 2022 bereits abgeschlossen war, musste nach Veröffentlichung von aktuellen Emissionsdaten für die Sektoren Landwirtschaft und LULUCF (sog. Thünen-Submission, siehe ausführlicher in den nachfolgenden Abschnitten zu diesen beiden Sektoren) eine (aufwändige) Nachberechnung erfolgen. Dadurch hat sich der Abschluss der Gesamtbilanzierung sowie des gesamten Gutachtens um mehrere Monate verzögert. Die Aktualisierung bringt es zudem mit sich, dass es kleinere, aber nicht signifikante Abweichungen zu den Werten des Zwischenberichts sowie zum Beschlussdokument der Brandenburger Landesregierung zu den Zwischen- und Sektorzielen gibt (siehe Abschnitt 3.9.3 sowie 6.3).

3.1 Methodik und übergreifende Annahmen

3.1.1 Methodik und Szenariodesign

Die Szenarienanalyse erfolgt auf der Basis der Treibhausgasbilanzierung - gemäß der im Zwischenbericht (Hirschl et al. 2022) vorgestellten Methode - für die **Zwischenzieljahre 2030 und 2040** und das vom Land Brandenburg beschlossene **Klimaneutralitätsjahr 2045**.¹⁴ Demzufolge handelt es sich in den nachfolgenden Darstellungen in allen betrachteten Szenario-Bilanzjahren um die **KSG-Sektorengliederung**, wodurch eine Vergleichbarkeit zu den KSG-Zielvorgaben, aber auch zu anderen aktuellen Studien und Bilanzen, die auf der aktuellen KSG-Sektoreinteilung basieren, gegeben ist.

Zur Auswahl der grundsätzlichen Ausrichtung der Szenarien (Narrative)

Im Vorfeld sowie kurz nach der Novellierung des Bundes-Klimaschutzgesetzes im August 2021 wurden in der Wissenschaft und Politikberatung eine Reihe von Szenariostudien zum Thema „Klimaneutralität 2045“ (bzw. Treibhausgasneutralität; zu den Begriffen siehe Fußnote 12) entwickelt bzw. bereits vorhandene Studien und Modelle (mit dem alten Zieljahr 2050) auf das neue Zieljahr 2045 aktualisiert. Dabei gibt es Studien, die sich auf ein Leitszenario fokussieren, andere geben eine Bandbreite unterschiedlicher Szenariovarianten, „-familien“ oder „-welten“ an. So stammt der

¹⁴ D. h. es wurden aufgrund der aufwändigen Berechnungen und Modellierungen auch nur die hier genannten Jahre modelliert und bilanziert. Für weitere Jahreswerte können Interpolationen vorgenommen werden.

Begriff „Szenariowelten“ beispielsweise von den sogenannten Langfristszenarien, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie¹⁵ in Auftrag gegeben und vom Fraunhofer ISI mit Partnern entwickelt wurden (Fraunhofer ISI 2022). Dabei handelt es sich um die drei „Welten“ Elektrifizierung, Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe, die mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2050 modelliert wurden.¹⁶ Zur dritten Szenariowelt „synthetische Kraftstoffe“ (TN-PtG/PtL) merken die Autoren an, dass dies maßgeblich aufgrund vergleichsweise deutlich höherer Kosten „einen sehr speziellen Fall des Lösungsraums“ abdecke und daher „eher als Randszenario zu werten“ sei (Sensfuß 2021, S. 5).¹⁷ Damit zeigt sich bereits an diesem Beispiel, dass die zentralen „Narrative“ bzw. technologischen Schwerpunkte der Szenarien auf der einen Seite in einer ausgeprägteren Elektrifizierungsstrategie und auf der anderen Seite in einer ausgeprägteren Wasserstoffnutzung liegen. „Ausgeprägter“ im Vergleich zum jeweils anderen Szenario bedeutet dabei, dass die jeweilige Schwerpunkttechnologie in mehr Sektoren und in größerem Umfang eingesetzt wird – beide Technologieschwerpunkte dennoch in signifikantem Ausmaß jeweils in beiden Szenarien vorkommen.

Diese - eingegrenzte bzw. fokussierte - Bandbreite der Narrative und der technologischen Schwerpunkte findet sich grundsätzlich auch in den folgenden, den nationalen Diskurs der letzten Monate prägenden Szenariostudien, die sich explizit auf das Zieljahr 2045 ausrichten. Dabei wird teilweise die Wasserstoffnachfrage langfristig nicht von einer Power-to-X-Nachfrage (PtX, im Regelfall Power-to-Gas (PtG) und Power-to-Liquid (PtL))¹⁸ unterschieden. Dies ist darin begründet, dass aus heutiger Sicht in vielen Fällen noch keine Entscheidung für eine längerfristige Wasserstoff- (H₂) oder anderweitige PtX-Nutzung getroffen werden kann. Auch aus Kostensicht zeichnet sich hier in vielen Fällen noch keine klare Entscheidung ab, da in beiden Fällen vergleichsweise hohe Kosten anfallen können: im einen Fall für eine neue Netz- und Logistikinfrastruktur, im anderen Fall für den Veredelungsprozess (z. B. Produktion synthetischer Brennstoffe) aufgrund der geringen Wirkungsgrade, sofern die thermischen Verluste nicht dezentral genutzt werden können. Zudem liegen maßgebliche Unterschiede bei den Szenarien in der Höhe der angenommenen inländischen Produktion von H₂ bzw. PtX, der Biomassenutzung und den damit zusammenhängenden EE-Erzeugungskapazitäten und Stromverbräuchen. Zu den maßgeblichen Studien zählen die folgenden:¹⁹

¹⁵ Jetzt: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BWMK).

¹⁶ Die derzeit verfügbaren ausführlichen Ergebnisse der Langfristszenarien wurden vor der Novelle des Klimaschutzgesetzes 2021 mit der damaligen Zielvorgabe THG-Neutralität bis 2050 gerechnet. Dennoch wurden im Szenario TN-Strom bereits die aktuell gültigen Gesamtminderungsziele für die Jahre 2030 und 2040 erreicht (Fraunhofer ISI 2022), weshalb davon auszugehen ist, dass diese Ergebnisse Einfluss auf die Ausgestaltung des aktuellen KSG hatten.

¹⁷ An anderer Stelle betonen die Autorinnen und Autoren, dass „die Spekulation auf einen großflächigen Einsatz von synthetischen Kohlenwasserstoffen [...] eine riskante Strategie“ sei (Sensfuß 2021, S. 41).

¹⁸ Unter Power to X werden strombasierte Anwendungen verstanden, die Strom aus erneuerbaren Energien verwenden, bevor dieser abgeregelt wird (Berger et al. 2020). Dies ermöglicht die sogenannte Sektorkopplung und trägt als Flexibilitätsoption zur Entlastung des Stromnetzes und Minderung des Netzausbaus bei. Als direkte oder weiter veredelte Zwischen- oder Endprodukte können gasförmige, flüssige oder feste (PtP für Products, PtC für Chemicals) Energieträger entstehen.

¹⁹ Die Auflistung erhebt weder den Anspruch auf Vollständigkeit, noch handelt es sich um eine wissenschaftlich fundierte Auswahl; gleichwohl handelt es sich nach Einschätzung des Projektteams um zentrale Studien, die in der Debatte und Fachliteratur sehr häufig zitiert und verwendet werden. Zum Teil werden diese im Diskurs um Zielszenarien für 2045 auch als „big Five“ bezeichnet. Beispiele für weitere Studien sind u. a. vom BEE (ein Szenario für 2030 (Pieprzyk und Stark 2021), eine weitere für ein neues Strommarktdesign (Böttger et al. 2021)), diese decken

- Prognos et al. 2021: Klimaneutrales Deutschland 2045, im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende (Wünsch et al. 2021): Elektrifizierungsszenario mit mittleren H₂/PtX-Mengen bei signifikanter inländischer Produktion
- Dena mit Gutachtern und Stakeholderbeteiligung 2021: dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“ (dena 2021a): Zentrales Szenario KN100 mit sehr hohen Anteilen H₂ & PtX mit sehr hohen Importen
- PIK et al./Ariadne-Projekt 2021: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045, gefördert im Rahmen des BMBF-Kopernikus-Programms (Luderer et al. 2021): Vier Szenariogruppen ergeben eine Bandbreite von Elektrifizierungs- bis H₂/PtX-Schwerpunkten und entsprechend niedrigen bis sehr hohen Bedarfen
- Fraunhofer ISE 2020/21: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem (Sterchele et al. 2020; Henning et al. 2020): Elektrifizierungsszenario mit mittlerem H₂/PtX-Bedarf bei sehr hoher inländischer Produktion
- BDI mit BCG 2021: Klimapfade 2.0 – Aufbruch in die Klima-Zukunft, im Auftrag des BDI unter Einbeziehung von Experteninnen und Experten und Stakeholdern (Burchardt et al. 2021): Mischszenario mit ausgeprägteren H₂/PtX-Anteilen und gleichermaßen hoher Inlandserzeugung und Importen.

Vor dem Hintergrund der Auswertung dieser Studien²⁰ wird für die beiden im Rahmen dieser Studie zu erstellenden Zielszenarien die nachfolgend beschriebene Ausrichtung – die grundsätzlichen Narrative bzw. Technologieschwerpunkte - gewählt.

„Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ vs. „Mehr grüne Brennstoffe“

- Szenario I: Mehr Elektrifizierung und Effizienz

Hier wird auf der Verbraucherseite grundsätzlich den direktelektrischen Anwendungen Vorrang eingeräumt, da wo sie aus technischer Sicht möglich sind. Wasserstoffbasierte (bzw. PtX-basierte) Anwendungen werden auf solche beschränkt, für die es keine hinreichenden Alternativen gibt.²¹ Parallel wird hier ein hohes Maß an Effizienz angenommen, da dieses in vielen Anwendungsbereichen auch zusammengehört. So erfordert der breite Einsatz von Wärmepumpen im Sektor Gebäude ein hohes Maß an energetischer Sanierung, um die Wärmebedarfe zu senken, zudem geht die Elektrifizierung des Verkehrssektors im Vergleich mit den heute vorherrschenden Verbrennungsmotoren mit einer Erhöhung der Effizienz einher. Effizienz betrifft auf der einen Seite (mit Blick auf die Elektrifizierung) den Einsatz an Energieträgern, wird hier aber auch auf das Thema Ressourceneffizienz übertragen. Zusätzlich zur Effizienz wird hier auch der Suffizienzansatz stärker berücksichtigt, beispielsweise

jedoch nicht den vollständigen Sektorenumfang bis zum Jahr 2045 ab. Zudem spielen die bereits erwähnten Langfristszenarien des BMWK eine wichtige Rolle, die jedoch in der ausführlichen Fassung auf Analysen für das Zieljahr 2050 basieren. Und schließlich sind in dem Zusammenhang auch die Szenarien der Übertragungsnetzbetreiber zu erwähnen (Drees et al. 2022), die als sog. Szenariorahmen vor der Erstellung jedes Netzentwicklungsplans gemäß § 12a EnWG alle zwei Jahre erstellt und schließlich von der Bundesnetzagentur genehmigt werden.

²⁰ Mittlerweile gibt es mehrere vergleichende Auswertungen der o. g. Studien, siehe Lübbers et al. (2022) und Doms (2022), sowie im Entwurf des Szenariorahmens der Übertragungsnetzbetreiber (Drees et al. 2022).

²¹ Hierbei wird implizit davon ausgegangen, dass grüner Wasserstoff und grüne Wasserstoffprodukte nicht schnell genug und nicht im nötigen Umfang so günstig zur Verfügung stehen werden (bzw. nicht in der Breite subventioniert werden), um in allen Sektoren in großem Umfang zum Einsatz kommen zu können (siehe hierzu auch Ausführungen an späterer Stelle).

beim Endenergieverbrauch der privaten Haushalte, wenn diese durch weniger energieintensiven Konsum stärkere Einsparungen realisieren.

– Szenario II: Mehr grüne Brennstoffe

Das Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ berücksichtigt einen umfassenderen Einsatz von grünem, d. h. aus erneuerbaren Energien hergestelltem Wasserstoff sowie von auf der Basis grünen Wasserstoffs²² hergestellten synthetischen Kohlenwasserstoffprodukten, im Regelfall Gase oder Kraftstoffe - hier vereinfachend allgemein als grüne Brennstoffe bezeichnet. Dabei wird im Unterschied zum ersten Szenario von einer (relativen) größeren Verfügbarkeit von grünen Brennstoffen (zu relativ gesehen günstigeren Kosten) ausgegangen, allerdings muss dieser dennoch zu einem signifikanten Anteil auch vor Ort erzeugt werden, da nicht von einer rechtzeitigen, umfassenden Importverfügbarkeit ausgegangen wird. Aufgrund des deutlich erhöhten Strombedarfs für die Produktion grüner Brennstoffe im Vergleich zur direkten Elektrifizierung steigen damit auch die angesetzten Mengen an grüner Stromerzeugung in Brandenburg.

Im Unterschied zum ersten Szenario fällt hier zudem das Effizienzniveau etwas niedriger aus, sowohl in Bezug auf die Energie- als auch die Ressourceneffizienz. Bei geringerer Energieeffizienz verbleiben in einigen Anwendungen höhere Temperatur- und Energiebedarfe (beispielsweise im Sektor Gebäude), die dann mit wasserstoffbasierten Brennstoffen versorgt werden können. Gleichzeitig werden dadurch Kosten bei den Investitionen in die Effizienz eingespart, die für die Finanzierung der teureren Brennstoffe eingesetzt werden können.

Diese grundsätzlichen Narrative werden in den nachfolgenden Kapiteln je Sektor interpretiert und auf zentrale sektorale Indikatoren und Parameter übertragen. Dabei modelliert jeder Sektor seine Ausprägungen in eigenen sektorspezifischen Teilmodellen und ermittelt daraus die jeweils eingesetzten Energieträgermengen, die in der Gesamtbilanz aggregiert werden.

Hohes Ambitionsniveau - unter Berücksichtigung von Restriktionen

Die sektoralen Analysen fließen in die Gesamtbilanz für ganz Brandenburg je Szenariojahr ein, woraus sich mit den jeweiligen Emissionsfaktoren die Quellbilanzdaten ergeben. Dabei orientiert sich die sektorale Ausgangsmodellierung zum einen am **Ambitionsniveau** des bisher für das Land Brandenburg festgelegten Reduktionswert für die energiebedingten CO₂-Emissionen aus der Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg, der sich auf -72 % bezogen auf 1990 beläuft (MWE 2012a). Dies gilt auch vor dem Hintergrund, dass Brandenburg einerseits bis heute ein vergleichsweise überproportionales Emissionsniveau aufweist (siehe Zwischenbericht, Hirschl et al. 2022) und von daher – auch im Einklang mit dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts - möglichst schnell eine Absenkung vornehmen muss. Zum zweiten liegt der nationale sektorübergreifende Reduktionswert in Höhe von -65 % ggü. 1990 gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz bereits sehr nah an dem bisher in Brandenburg erreichten Reduktionswert von etwa 60 % (ebda.). Für das Jahr 2040 gibt es bislang nur im Bundes-Klimaschutzgesetz einen aggregierten Redukti-

²² Zur Definition von grünem Wasserstoff siehe u. a. die Wasserstoffstrategie der Bundesregierung (BMWi 2020). Aktuell entwirft die EU-Kommission zudem im Rahmen eines delegierten Rechtsaktes Kriterien für die Produktion von grünem Wasserstoff, die gegenwärtig jedoch noch bezüglich der Anforderungen insbesondere von der Energiewirtschaft kritisiert werden, die bei zu strenger Auslegung ein zu geringes Produktionsvolumen für einen Markthochlauf befürchtet (Schaudwet 2022).

onszielwert in Höhe von 88 % bezogen auf 1990. Für Brandenburg erscheint hier sogar ein höherer Wert angemessen und zielführend, da angesichts eines Zielwertes von -100 % im Jahr 2045 im Jahr 2040 bereits der Großteil erreicht sein sollte.

Mit Blick auf die hier unterstellten und erforderlichen Ambitionen ist jedoch auch hervorzuheben, dass das Land Brandenburg dafür die volle **Unterstützung der Bundespolitik in allen Sektoren** braucht. Das Urteil des Bundesverfassungsgerichts zum Bundes-Klimaschutzgesetz fordert eine wirksame Umsetzung und Einhaltung der Klimaschutzziele zum Schutz der Freiheit der nachfolgenden Generationen, Klimaneutralität und die Einhaltung der Pariser Klimaschutzziele sicher erreichen zu können (BVerfG 2021b). Die Gesetzesinitiativen des Jahres 2022 deuten darauf hin, dass die amtierende Bundesregierung die Umsetzung und Zielerreichung in diesem Sinne anstrebt. Die Wirkung der Gesetzespakete (z. B. des sogenannten Osterpakets (BMWK 2022g)) kann jedoch noch nicht beurteilt werden, zudem liegen für eine Reihe von Sektoren wie Gebäude, Verkehr oder Industrie noch keine vollständigen Gesetzespakete vor, über die die bundespolitischen Sektorziele des KSG sicher erreicht werden können. Bei der Erstellung der Szenarien wird jeweils in groben Zügen je Sektor auch auf den bundespolitischen Rahmen eingegangen (Stand: vor der Sommerpause 2022). In der weiteren Modellierung wurde davon ausgegangen, dass auch mittel- und langfristig die Erfüllung des KSG inklusive der Sektorziele mit wirksamen, unterstützenden Maßnahmen umgesetzt wird.

Mit Blick auf die sektorale Modellierung des Jahres 2030 werden in allen Sektoren **Hemmnisse und Restriktionen berücksichtigt**, um einen zwar ambitionierten, aber auch möglichst realistischen Verlauf abzubilden. Als Beispiele seien hier die energetische Sanierungsrate, der Bau einer Wasserstoffinfrastruktur oder eine Vervielfachung von Solar- und Wärmepumpeninstallationen genannt, die in vielen Fällen erst nach sehr weit reichenden Änderungen der Rahmenbedingungen und deren Wirkung zeitverzögert ansteigen werden, was sich folglich in den sektoralen Szenarienergebnissen für das Jahr 2030 niederschlägt.²³

Die Szenariendesigns sowie die vorläufigen Szenarienergebnisse wurden im Rahmen der vielfältigen **Beteiligung** mit unterschiedlichen Akteuren diskutiert und Hinweise aufgenommen.²⁴

Aus den einzelnen sektoralen Modellen wurde jeweils die Gesamtenergiebilanz für beide Szenarien erstellt und in die Emissionsbilanzen überführt. Erst in dieser Gesamtbilanz zeigte sich, wie die sektoralen und übergreifenden Reduktionsziele nach Quellenbilanz ausfallen. Nach dem ersten Bilanzdurchlauf wurden Plausibilitäten einzelner sektorale Annahmen und Effekte im Vergleich geprüft und in mehreren **Iterationen** Anpassungen vorgenommen. In diesen Iterationsschritten der Bilanzierung flossen auch Anregungen zu den gewählten Ausprägungen aus dem Beteiligungsprozess mit ein.

²³ Bei den genannten Beispielen sind neben bundesrechtlichen Regelungen und Anreizen auch einige Hemmnisse im Land Brandenburg abzubauen und Voraussetzungen zu schaffen, zudem braucht es einen enormen Fachkräfteaufwuchs und schnellere Verwaltungsabläufe. Daher wird ein Hochlauf in den genannten Bereichen einige Jahre brauchen, und folglich auch Auswirkungen auf die Zielwerte in 2030 haben. In vielen Studien werden demgegenüber die hohen Zielwerte für das Jahr 2030 vereinfachend als Durchschnittswerte auch für die Jahre davor bzw. gewissermaßen „ab sofort“ angesetzt, was jedoch als unrealistisch anzusehen ist (ausführlichere Darstellung des sog. Restriktionsansatzes in Hirschl et al. 2021).

²⁴ Dies erfolgte u. a. im Rahmen der IMAG, durch Feedbackschleifen aus den beteiligten Verwaltungen sowie bei den Stakeholder-Workshops.

3.1.2 Übergreifende Annahmen und Abstimmungen

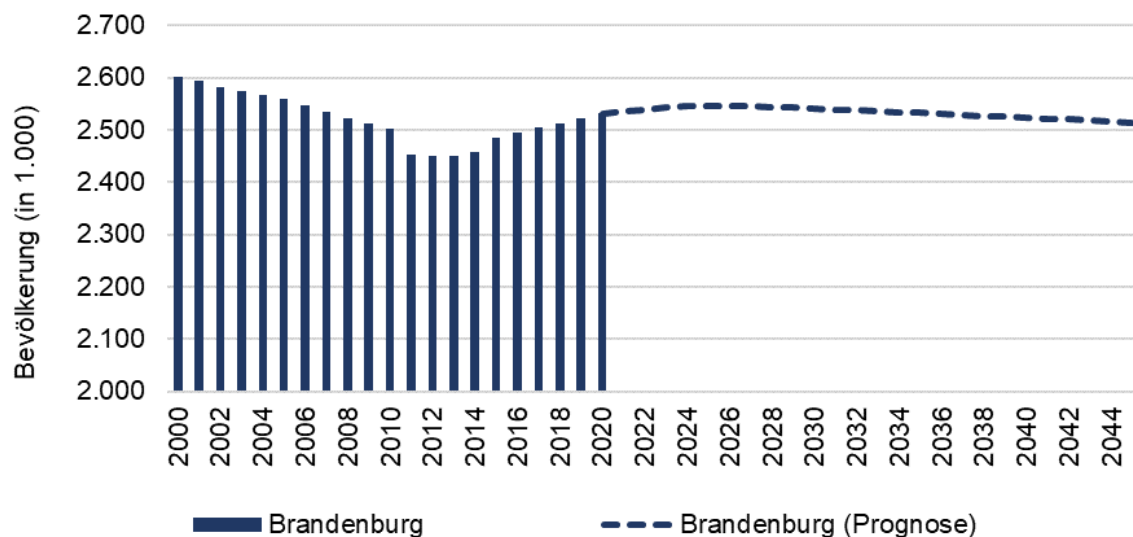
Neben den szenariospezifischen Parameterausprägungen wurden auch übergreifende Annahmen getroffen, die für beide Szenarien gleichermaßen gelten. Dabei wurden zum einen solche Parameter in beiden Szenarien gleichgesetzt, die eine starke oder gar dominierende Wirkung auf die Ergebnisse haben, selbst aber nur einen indirekten Klimaschutzbezug aufweisen. Dies sind im Wesentlichen die Bevölkerungsentwicklung sowie die wirtschaftliche Entwicklung des Landes Brandenburg. Zum zweiten wurden auch bei direkt klimaschutzrelevanten Parametern bzw. Themenfeldern übergreifende Abstimmungen vorgenommen, um festzulegen, welche Mindestanforderungsniveaus hier jeweils gesetzt bzw. welche Unterschiede und Spannweiten zwischen den Szenarien zugelassen werden. Dies wurde für die Themen Zeitpunkt des Kohleausstiegs, Ausbauniveau erneuerbarer Energien und die Bioenergienutzung vorgenommen.

Bevölkerungsentwicklung – annähernd stabil

Für die Bevölkerungsentwicklung des Landes haben wir den aktuellen Datenstand und mittel- sowie längerfristige Projektionen aus öffentlich verfügbaren Quellen kombiniert. Das Ergebnis zeigt, dass sich der aktuelle Aufwärtstrend seit 2012 wieder abflacht und in naher Zukunft ein stabiler bis leicht rückläufiger Verlauf bis 2045 zu erwarten ist (siehe Abbildung 17). Die Anzahl von 2,53 Mio. Einwohnenden in 2020 steigt zunächst bis 2030 leicht an auf 2,54 Mio. und sinkt danach leicht bis 2045 auf eine Bevölkerungszahl von 2,52 Mio. Damit ist die Bevölkerungsentwicklung nicht nur in beiden Szenarien gleich, sondern auch aufgrund ihrer angenommenen Stabilität kein signifikanter Einflussfaktor für die Treibhausgasentwicklung.

Abbildung 17: Bevölkerungsentwicklung und -Projektion für Brandenburg von 2000 bis 2045

Quellen: Eigene Darstellung nach Daten von Destatis (2019) und AfS BBB (2021b; 2021c).



Wirtschaftliche Entwicklung – leichte Steigerung, der Bundesprojektion folgend

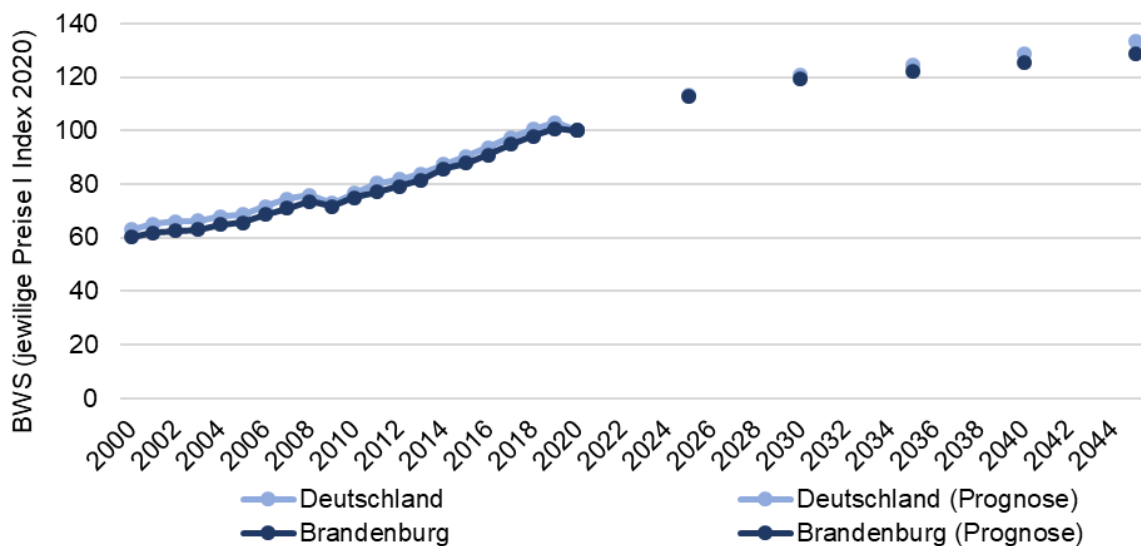
Die wirtschaftliche Entwicklung wird hier auf der Basis des Bruttoinlandsprodukts (BIP) angegeben. Aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Länder lässt sich sowohl die Entwicklung Brandenburgs als auch von Deutschland ableiten (AfS BBB 2021d). Diese Entwicklung wurde mit der Projektion von Prognos kombiniert, die im Rahmen des Gutachtens für die Energiestrategie erstellt wurde (Falkenberg et al. 2021). Das Ergebnis zeigt die Abbildung 18: der kontinuierliche Anstieg des BIP, den Brandenburg seit dem Jahr 2000 erlebt hat, wurde nur durch die Folgen der

globalen Finanzkrise 2009 und aktuell durch die Folgen der Corona-Krise 2021 unterbrochen. Geht man davon aus, dass wie bisher auch die zukünftige Entwicklung ähnlich zu der in der gesamten Republik verläuft, dann ergibt sich eine in ähnlicher Form leicht ansteigende, aber langfristig abschwächende BIP-Entwicklung. Die Abbildung zeigt den Entwicklungsindex bezogen auf das BIP des Jahres 2020. Demnach ergibt sich ein **durchschnittliches BIP-Wachstum** bis 2045 in Höhe von **1,14 % pro Jahr**, bis 2045 wächst die Brandenburger Wirtschaft demzufolge verglichen mit 2020 um 28,6 %. Verglichen mit dem Zeitraum der letzten 20 Jahre entspricht dies deutlich weniger als der Hälfte des BIP-Wachstums, das in der zurückliegenden Zeitspanne (2000 bis 2020) bei 66 % lag. Angesichts der aktuellen Unwägbarkeiten, die in Folge des russischen Angriffskriegs in der Ukraine mit Blick auf die wirtschaftliche Entwicklung in ganz Deutschland entstanden sind, wird dieser konservative Ansatz jedoch als gerechtfertigt angesehen.

Das bei der wirtschaftlichen Entwicklung in beiden Szenarien von einer leichten Steigerung ausgegangen wird, heißt jedoch nicht, dass **Suffizienzmaßnahmen** keine Rolle spielen – sowohl in den Szenarien als auch in den Empfehlungen werden Maßnahmen, die unmittelbar auf einen verminderten Verbrauch von Energie und Ressourcen abzielen (in unterschiedlicher Intensität) berücksichtigt.²⁵ Allerdings zielen diese im Umfang nicht auf den volkswirtschaftlichen Effekt einer schrumpfenden bzw. Post-Wachstums-Wirtschaft. Wie oben beschrieben würde ein solcher Ansatz in einem Szenario die spezifischen Klimaschutzmodellierungen verdecken, zudem sind bei einem solchen Szenario sowohl methodisch als auch politisch und gesellschaftlich derzeit noch zu viele Fragen in Bezug auf Ausgestaltung und Wirkung offen.

Abbildung 18: Wirtschaftliche Entwicklung und Projektion (Bruttowertschöpfung, BWS), Brandenburg und Deutschland im Vergleich von 2000 bis 2045

Quellen: Eigene Darstellung nach Destatis (2021a) und Falkenberg et al. (2021).



²⁵ Suffizienz steht für Begrenzung von Konsum und Verbrauch, z. B. durch bewusste geringere Nachfrage nach oder geringere Nutzung von Produkten oder Dienstleistungen. Demgegenüber zielt Effizienz auf die spezifische technische Verbesserung des Energieverbrauchs von Produkten; diese kann jedoch durch häufigere Nutzung wieder (über)kompensiert werden (sog. Reboundeffekt).

Kohleausstieg: in beiden Szenarien gleich, klimapolitisch so früh wie möglich erforderlich

Wie der Zwischenbericht zu diesem Gutachten (Hirschl et al. 2022) eindrücklich aufzeigt, hat die Verstromung von Braunkohle einen derart dominierenden Effekt auf die gesamten Treibhausgasemissionen im Land Brandenburg, dass eine unterschiedliche Modellierung des Kohleausstiegs – z. B. im Jahr 2029 im ersten und 2038 im zweiten Szenario – alle anderen Effekte deutlich überlagern würde. Zudem wäre die Zuordnung des einen oder anderen Ausstiegspfades relativ willkürlich. Vor diesem Hintergrund wird der Kohleausstieg in beiden Szenarien gleich angesetzt.

Mit Blick auf die aktuellen bundespolitischen Zielstellungen und Debatten wird hier davon ausgegangen, dass gemäß Koalitionsvertrag der Bundesregierung der Kohleausstieg bereits vor dem derzeit noch gültigen gesetzlichen Kohleausstiegsjahr 2038 stattfinden wird (SPD et al. 2021). Die Regierung spricht diesbezüglich von „idealerweise bis 2030“, was für das Land Brandenburg in dieser Studie wie folgt übersetzt wird: Wir gehen davon aus, dass der **Kohleausstieg bis Anfang der 2030er Jahre** realisiert werden kann, wenn entsprechende Stromerzeugungskapazitäten sowie weitere flexible Leistungen (erneuerbare Energien, KWK, Speicher sowie weitere Flexibilitätsoptionen) zur Stabilisierung des Stromsystems errichtet und Energieeinsparungen realisiert werden.²⁶ Dies bedeutet im Umkehrschluss auch, dass bis zum Zieljahr 2030 noch Kohlekraftwerke in der Bilanz enthalten sein werden, im Zieljahr 2040 folglich in jedem Fall nicht mehr. In der Szenarienmodellierung ergibt sich ein Unterschied mit Blick auf die bis 2030 zu schaffenden angesprochenen Voraussetzungen bezüglich erneuerbarer Energien (siehe unten) und anderer Kraftwerkskapazitäten bis 2030.

Dieser Ansatz wird auch mit Blick auf den im Zeitraum der Studiererstellung stattfindenden **Angriffskrieg Russlands** als plausibel angesehen, insofern es nicht zu weiteren Eskalationen mit noch schwerwiegenderen Folgen jenseits der aktuell bereits stattfindenden kommt. Eine kurz- bis mittelfristige Option gegen den aktuellen Trend der stark gestiegenen Gas- und Strompreise ist das Wiederanfahren von bereits in der Reserve befindlichen Kohlekraftwerken, um im Winter 2022 genügend Strom- und Wärme bereitzustellen und bis zum Winter die Erdgasspeicher befüllen zu können. Eine entsprechende Verordnung im Juli 2022 führt bereits zur Reaktivierung von Kohlekraftwerken, was in der Folge aller Voraussicht nach, den CO₂-Ausstoß kurz- bis mittelfristig erhöhen wird. Dennoch gehen mehrere wissenschaftliche Expertinnen und Experten und Gremien weiterhin davon aus, dass der avisierte vorgezogene Kohleausstieg möglich bleibt (acatech et al. 2022; RNE 2022; Hauenstein et al. 2022; Egerer et al. 2022).

Als zentrale dauerhafte Strategie wird in den genannten Studien und Stellungnahmen einheitlich eine deutlich schnellere Energiewende gefordert.²⁷ In Bezug auf die Entwicklung des Kraftwerksparks weisen Egerer et al. (2022) darauf hin, dass bei längerfristig erwarteten hohen Gaspreisen

²⁶ Bezüglich der Versorgungssicherheit des Stromsystems – also einer jederzeit gewährleisteteten sicheren Stromversorgung – sind einerseits die nötigen Strommengen bereitzustellen, und andererseits die entsprechend durch den Kohleausstieg wegfallenden Systemdienstleistungen durch die oben genannten zugebauten Technologien (erneuerbare Energien, KWK, Speicher und (andere) Flexibilitätsoptionen) zu ersetzen. Dabei wird sich das Angebot der Systemdienstleistungen gemäß der Transformation zu einem dezentraleren Stromsystem auch stärker dezentralisieren und bundesweit verteilen (siehe auch Abschnitt 3.2.1 im Energiekapitel). Eine genauere zeitliche Festlegung einer Abschaltreihenfolge der Kohlekraftwerksblöcke war im Rahmen des Gutachtens und seiner Modellierung der konkreten Zieljahre 2030, 2040 und 2045 nicht erforderlich.

²⁷ In diesem Zusammenhang forderte bereits am 11.3.2022 ein Bündnis von über 20 Wirtschafts-, Umwelt- und Verbraucherverbänden einen „Gipfel für Energiesouveränität“ und die Beschleunigung von Energieeinsparung und Ausbau erneuerbarer Energien „in einem nie dagewesenen Tempo“ (BNW et al. 2022).

bereits kurzfristig entsprechende Anreize für den Bau von Gas-Kraftwerken (insbesondere im Süden Deutschlands) sicherzustellen seien, damit diese für einen vorgezogenen Kohleausstieg rechtzeitig in die Planung kommen. Eine solche Maßnahme würde die Strompreise nach Aussage der Autorinnen und Autoren nicht signifikant erhöhen. Welch große Bedeutung ein vorgezogener Kohleausstieg für den Klimaschutz und die Reduktion der Treibhausmissionen hat, liegt nicht zuletzt seit der Veröffentlichung des Zwischenberichts dieses Gutachtens auf der Hand. Die ökonomischen Effekte eines bundesweiten Kohleausstiegs bis 2030 schätzen Schrems und Wieland (2022) anhand eingesparter Klimaschadenskosten mit einer Spanne von 174 bis 366 Mrd. Euro ab.

Wasserstoff: Mengen, Herkunft und Erzeugung

Die zukünftige Nutzung von (grünem) Wasserstoff und wasserstoffbasierten Produkten (grüne Brennstoffe bzw. Energieträger) ist eines der wesentlichen Differenzierungselemente der beiden Szenarien. Wie oben bereits skizziert, wird in beiden Szenarien der Einsatz von Wasserstoff sowie PtG/PtL angenommen, im Szenario II jedoch in allen Sektoren in deutlich größerem Umfang.

Insbesondere im Szenario II wird ein großer Teil der zusätzlich benötigten **Wasserstoff- bzw. grünen Brennstoffmengen langfristig importiert**. Allerdings gehen wir in Übereinstimmung mit vielen wissenschaftlichen Analysen davon aus, dass dies für die kurze bis mittlere Frist nicht in nennenswertem Umfang möglich ist. Daher erscheint es grundsätzlich, insbesondere jedoch mit Blick auf die Bedarfe bis 2030 aus Gründen der Risikominderung und Produktionsabsicherung erforderlich, generell einen nennenswerten Anteil heimischer Produktion in Brandenburg zu berücksichtigen. Dies zeigen auch die oben genannten bundesweiten Szenarien mehrheitlich, die (bis auf eine Ausnahme) von einem Anteil von einem Drittel bis zu 50 % für heimisch produzierten Wasserstoff ausgehen; lediglich eine Studie geht von einem deutlich höheren Anteil importierten Wasserstoffs aus (siehe vergleichende Darstellung bei Lübbers et al. 2022).

In diesem Zusammenhang verweisen Egenolf-Jonkmanns et al. (2021) darauf, dass Lieferungen aus dem Ausland den deutschen Bedarf bis 2030 nicht decken könnten, selbst wenn alle verfügbaren Potenziale nach Deutschland geliefert würden, weshalb im Umkehrschluss die inländische Wasserstoffproduktion kurz- bis mittelfristig deutlich erhöht werden sollte (ebenso Merten und Scholz 2021). Als Grund für das Ergebnis ihrer Analyse geben die Autoren an, dass häufig nur die Kosten der erneuerbaren Energien (EE) und technische Produktionspotenziale betrachtet werden, nicht jedoch die (derzeit zu langsame) Geschwindigkeit des EE-Ausbaus in den Exportländern sowie die Dauer für die Errichtung einer geeigneten Transportlogistik. Dies gilt insbesondere für größere Entfernungen, wenn Pipelines keine wirtschaftliche Option mehr darstellen und es Flüssiggastransporte per Schiff (und Lkw oder Schiene) braucht (Merten und Scholz 2021; Egenolf-Jonkmanns et al. 2021).

Mit Blick auf die zukünftigen Importe müssen zudem **strenge Kriterien hinsichtlich der Klimaneutralität** gelten, allerdings liegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine EU-weit gültigen Kriterien vor. Neben den festzulegenden Klimaneutralitätskriterien bezüglich der „Farbe“²⁸ des Wasserstoffs, also der Produktionsweise und der verwendeten Rohstoffe, ist festzulegen, dass im exportierenden Land kein vermehrter Verbrauch fossiler Brennstoffe stattfinden darf bzw. dass

²⁸ Bzgl. der klassischen „Farbenlehre“ ist darauf hinzuweisen, dass diese heute noch nicht alle Varianten und Mischformen vollständig und differenziert abbildet, die auch in dieser Studie eine Rolle spielen. So ist bei der Wasserstoff- und Kohlenstoffproduktion aus Abwasserplasmalyse die Frage des Stromeinsatzes und der Bewertung des Abwassers nicht abschließend geklärt.

dort das 1,5°-Ziel eingehalten werden soll, und auch die soziale Dimension sollte eine Rolle spielen (Hirschl et al. 2021).²⁹

Wir gehen zudem davon aus, dass **in Brandenburg produzierter Wasserstoff** (nahezu) ausschließlich durch Strom aus erneuerbaren Energien produziert wird³⁰ und als Ausgangsrohstoffe keine fossilen Brennstoffe eingesetzt werden. So sollte beispielsweise für die Wasserstoffproduktion mittels Methanpyrolyse Biomethan statt Erdgas verwendet werden, um zusätzliche Treibhausgasemissionen durch die Förderung und Verteilung von Erdgas zu vermeiden. Mit Technologien wie den verschiedenen Pyrolyseverfahren werden Treibhausgasemissionen vermieden und stattdessen Wasserstoff (H₂) und Kohlenstoff (C) gewonnen. Damit können die sehr wahrscheinlich dringend benötigten netto-negativen Treibhausgasemissionen entstehen, wenn Kohlenstoff längerfristig in Produkten oder im Boden gebunden wird. Darüber hinaus nehmen wir auch keine CCS-basierte (blaue) Wasserstoffproduktion auf Erdgasbasis an, da aus unserer Sicht eine Wiederaufnahme der Debatte um CCS (engl. Carbon Capture and Storage) in Deutschland und Brandenburg aus Akzeptanz- und Effizienzgründen (begrenzte geeignete Speicherreservoirs) dem Einsatz in der (energieintensiven) Industrie zur Vermeidung von Prozessemissionen vorbehalten bleiben sollte.

Die **Kosten** der Wasserstoffproduktion im Inland hängen neben den technologiebedingten Kosten, deren weitere Entwicklung von Skaleneffekten und Innovationen geprägt sein wird, auch stark von den Rahmenbedingungen ab.³¹ Die Frage, welche Preisbestandteile zu den Erzeugungskosten hinzukommen und in welchen regulativen Rahmen bzw. in welchen Teilmärkten die Wasserstoffproduktion (prioritär) eingebunden wird, ist somit politisch in signifikantem Maße beeinflussbar – und liefert damit auch implizit die Grundlage für die unterschiedliche Ausgestaltung unserer beiden Szenarien.

Abschließend ist festzuhalten, dass in beiden Szenarien eine heimische Produktion von Wasserstoff und grünen Energieträgern stattfindet, insbesondere der Importanteil jedoch im zweiten Szenario durch den höheren Verbrauch der einzelnen Sektoren deutlich höher ausfällt.

Dimensionierung des EE-Ausbaus: zwischen hoch und sehr hoch

Schließlich braucht es für einen signifikanten Ausbau einer heimischen Produktion von grünem Wasserstoff und grünen Brennstoffen – aber auch für andere neue Stromverbraucher und die Sektorkopplung generell – **genügend zusätzlichen erneuerbaren Strom**. Denn grüner Strom

²⁹ Beispielsweise hat die Bundesrepublik Deutschland eine Wasserstoffallianz mit Marokko vereinbart, da dort nicht nur große EE-Potenziale vorhanden sind, sondern aufgrund der Nähe der MENA-Region auch eine Pipeline-Versorgung denkbar wäre. Allerdings ist die Frage der politischen Stabilität in dem Land und der gesamten Region sowie der heute noch hohe Verbrauch fossiler Brennstoffe ein Risiko mit Blick auf Versorgungssicherheit und Klimaschutz (Eichhammer et al. 2019). Auch die Akzeptanz solcher Projekte in den Exportländern ist nicht gesichert, wenn diese große heimische Flächen verbrauchen und die Energie nicht für die eigene Bevölkerung zur Verfügung steht (ebda. sowie Merten und Scholz 2021).

³⁰ Dies kann durch EE-Strombezug aus Brandenburg sichergestellt werden, allerdings können sowohl im Bilanzkreis des Stromanbieters sowie im Rahmen der Bereitstellung von Systemdienstleistungen überregionale Strommengen einbezogen werden. Zudem kann der tatsächliche vom bilanziellen Strombezug je nach zeitlicher Anforderung abweichen. Eine tatsächliche 100 %ige EE-Versorgung bräuhete Übereinstimmung von Verbrauch und Erzeugung (z. B. in jeder Viertelstunde), bei einer monatlichen oder jährlichen Bilanzübereinstimmung würde real zwischenzeitlich auch Graustrom nachgefragt.

³¹ Ein breites Spektrum an möglichen Kostenprojektionen liefern einige der oben aufgeführten bundesweiten Szenariostudien zu Klimaneutralität sowie die in diesem Abschnitt zitierten Wasserstoffstudien.

wird – gemäß der vorherrschenden Meinung und der oben zitierten Szenariostudien – der zentrale, weil günstigste, wenn auch nicht immer gleichermaßen verfügbare Leitenergieträger werden. Dabei gilt für einen wirtschaftlichen Betrieb von konventionellen wie auch neuen stromverbrauchenden Technologien wie Elektrolyseure, Pyrolyseanlagen etc., dass sie genügend Volllaststunden brauchen. Dies bieten in regionaler Nähe in Brandenburg im Regelfall nur Kombinationen aus Windenergie (Onshore) und Photovoltaik, die insofern bei wachsendem Strom- und EE-Gasbedarf entsprechend gleichmäßig stark ansteigend auszubauen sind (Merten et al. 2020).

Zudem ist im Rahmen der Szenarien einbezogen, dass das Flächenland Brandenburg neben dem wachsenden eigenen Strombedarf auch Bedarfe von benachbarten Regionen mitversorgen kann. Dies gilt insbesondere für den Importbedarf des Nachbarlands Berlin, aber auch für weiter entfernte Regionen im Westen und Süden des Landes, die sich voraussichtlich nicht selbst mit erneuerbaren Energien versorgen können. Wie in der Studie von Hirschl et al. (2021) aufgezeigt, kann Berlin zwar perspektivisch nennenswerte Solar- und KWK-Strommengen selbst erzeugen, ist aber insbesondere im Winter auf Windstrom aus dem Umland angewiesen. Es erscheint im Sinne der Vorsorge daher sinnvoll, dass Brandenburg darüber hinaus zusätzliche Erzeugungskapazitäten als Puffer für weitere eigene Strombedarfe und weitere Stromexporte mit einplant.

Aus diesem Grund ist in beiden Szenarien jeweils eine hohe, bedarfsweise angepasste Kapazität an Windenergie und Photovoltaik dimensioniert. Dabei orientieren sich die Größenordnungen auch an den auf Bundesebene diskutierten Ausbauzielen.³² Es findet somit keine Kontrastierung von wenig (ggf. gekoppelt mit hohen Wasserstoffimporten, s. o.) versus viel Ausbau erneuerbarer Energien statt, sondern ein generell hoher Zubau an Windenergie und Photovoltaik ist angesichts der stark zunehmenden Grünstrombedarfe eine „no regret“-Strategie und wird folglich nur im hohen Bereich gemäß der Ausprägungen in den Szenarien differenziert.

Verwendung von Biomasse: Prioritäten setzen im Sinne der Bioökonomie

Das Multitalent Biomasse wird traditionell in allen Sektoren für verschiedene Zwecke und in unterschiedlichen Formen und Zuständen eingesetzt. Bisher stand vor allem die Nutzung als Bioenergie im Vordergrund. Unter Bioenergie wird ein multifunktionaler Energieträger verstanden, der aus unterschiedlichen Substanzen durch verschiedene Konversionsverfahren in elektrische Energie, Wärme und Kraftstoffe umgewandelt werden kann. Sie entsteht aus biogenen Brennstoffen (Biobrennstoffen) biologisch-organischer Herkunft, die in fester, flüssiger oder gasförmiger Struktur vorliegen können (Klepper et al. 2019). Als ein Ergebnis der global geführten sogenannten „Tank oder Teller“-Debatte wurde auf EU-Ebene für den Anbau von Energiepflanzen für Biok-

³² Das sogenannte Osterpaket der Bundesregierung, im April 2022 als umfangreiches Gesetzesbündel in den deutschen Bundestag eingebracht, wurde am 8.7.2022 in Teilen von Bundesrat und Bundestag beschlossen (BMWK 2022g). Zu den Beschlüssen zählen u. a. Novellen des EEG, EnWG und BNatSchG. Im EEG wird der Grundsatz verankert, dass die Nutzung erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient. Darüber hinaus wird als Ziel festgehalten, dass 2030 der Anteil der erneuerbaren Energien mindestens 80 Prozent am Bruttostromverbrauch in Deutschland betragen soll, wobei ein Strombedarf von 750 TWh angesetzt wurde. Der Zielwert beläuft sich demzufolge auf 600 TWh EE-Strom, bei heute etwa 240 TWh. Zielwerte für die Windenergie sind 115 GW bis 2030, für die Photovoltaik liegt der Wert bei 215 GW. Die Zubau-mengen von 10 GW pro Jahr bei Wind sollen ab 2025, von 22 GW pro Jahr bei PV ab 2026 erreicht werden. Zur Zielerreichung sind eine Reihe von flankierenden Maßnahmen zur Ermöglichung vorgesehen, wie z. B. höhere Vergütungen für Dachsegmente oder eine Verbesserung des Referenzertragsmodells für windschwache Standorte. Auch die Verknüpfung von Planung und Flächenzielen, die Ausweitung der finanziellen Beteiligung der Kommunen und die Stärkung der Bürgerenergie wird angekündigt; so sollen Bürgerenergieprojekte nicht mehr an Ausschreibungen teilnehmen müssen (ebda.).

raftstoffe eine Nachhaltigkeitszertifizierung vorgeschrieben, die seit 2009 in Deutschland eingeführt ist (Hirschl 2013). In den letzten Jahren vollzog sich ein Wandel von der Art der Nutzung der Bioenergie, in dem mehr auf Rest- und Abfallstoffe gesetzt wird und weniger auf nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo). In Zukunft wird sich der Fokus zudem stärker verschieben müssen in Richtung einer stofflichen Biomassenutzung, die ebenso wie die (priorisierte) Lebensmittelproduktion über weniger Alternativen im Vergleich zur Bioenergie verfügt. Da in vielen Produkten (von Kunststoffen bis zu Kosmetikartikeln) hohe Anteile fossiler Rohstoffe enthalten sind, müssen diese durch andere Materialien substituiert oder gleichwertige, biogene ersetzt werden. Diese Priorisierung und der Fokus auf Rest- und Abfallstoffe durchzieht auch die nationale Bioökonomie-Strategie, die den Weg in eine post-fossile Wirtschaft beschreibt.

Aufgrund der Vielseitigkeit der Biomasse wurde ihr Einsatz in den Szenarien der Sektoren übergreifend und gemäß den oben beschriebenen Trends und Priorisierungen abgestimmt. Wir gehen daher davon aus, dass es sektorübergreifend aufgrund der knapper werdenden Flächen eine Stagnation oder Abnahme der Bioenergienutzung geben wird. Generell wird von einer verstärkten Nutzung von Rest- und Abfallstoffen ausgegangen. Im Portfolio der Bioenergieanwendungen kann es eine Verschiebung zum Biomethan geben, das von der Gasinfrastruktur gut aufgenommen und zukünftig auch als Wasserstoff- und Kohlenstoffquelle dienen kann.

Aufgrund der zunehmenden Flächenknappheit sollten zudem verstärkt Mehrfachnutzungen von Flächen erfolgen, bei denen verschiedene erneuerbarer Energien, landwirtschaftliche Nutzung und Ökosystemdienstleistungen (bestenfalls mit THG-Senkenwirkung) in unterschiedlichen Variationen kombiniert werden. Die weitere Ausgestaltung der Bioenergienutzung erfolgt in den nachfolgenden Sektordarstellungen.

Energiepreisentwicklungen: hoch volatil und unsicher, hier nur indirekter Parameter

Keine explizite Rolle spielen im Rahmen der Modelle die Energiepreisentwicklungen (z. B. die der fossilen Brennstoffe oder der erneuerbaren Energien), da sie weder einen Bestandteil der sektoralen Teilmodelle noch des Gesamtmodells darstellen. Letzteres basiert auf der (für die Studie angepassten) THG-Bilanzlogik des Landes Brandenburg. Mit anderen Worten: die unterschiedlichen Bandbreiten möglicher zukünftiger Energiepreisentwicklungen sind kein explizit modelliertes Differenzierungskriterium. Implizit stecken jedoch verschiedene relative Preisentwicklungen in den zentralen Annahmen und Basis-Narrativen, denn beispielsweise wird, wie bereits oben ausgeführt, eine größere Ausprägung von wasserstoffbasierten Anwendungen in der Realität auf günstigere relative Preise zurückzuführen sein. Eine genaue Bestimmung dieser Preisrelationen ist aufgrund der hohen Unsicherheit in der aktuellen Studienlandschaft (s. o.) wie auch aufgrund der hohen Volatilität in den kurz- bis mittelfristigen Preisentwicklungen durch die Folgen des seit Februar 2022 stattfindenden russischen Krieges in der Ukraine prinzipiell methodisch sehr schwierig und mit sehr hohen Unsicherheiten behaftet.³³

³³ Zur Einschätzung möglicher Kostenwirkungen der Szenarien siehe auch den späteren Abschnitt 3.9.2.

3.2 Sektor Energiewirtschaft

Der Sektor Energiewirtschaft umfasst gemäß Klimaschutzgesetz im Wesentlichen alle CO_{2e}-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe in Kraftwerken der öffentlichen Strom- und Wärmebereitstellung, Pipelineverdichtern, Raffinerien, Brikettfabriken sowie die flüchtigen Emissionen aus der Energiewirtschaft. Darin sind auch die Emissionen enthalten, die aus dem Stromverbrauch privater Haushalte, des Verkehrs, der Industrie (außer Eigenerzeugung) und von GHD resultieren. Aufgrund der fehlenden Datengrundlage werden im Bestand entgegen der KSG-Systematik auch die Emissionen der Industriekraftwerke bilanziert, vgl. Abschnitt 1.2 aus dem Zwischenbericht (Hirschl et al. 2022).

An oberster Stelle mit dem mit Abstand größten Effekt auf die CO₂-Bilanz des Landes steht der Zeitplan des Kohleausstieges und die damit verbundene Reduktion der Emissionen aus der Stromerzeugung. Der mit dem im Kohleausstiegsgesetz verabredete Fahrplan und der Weiterbetrieb des Kohlekraftwerks Schwarze Pumpe bis 2038 stehen den aktualisierten gesetzlichen Vorgaben gemäß Klimaschutzgesetz und dem Budgetgedanken gemäß dem Übereinkommen von Paris entgegen.

3.2.1 Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen

Für den Sektor Energiewirtschaft gibt Tabelle 5 einen Überblick über wesentliche Annahmen zu den Szenarien, die nachfolgend detaillierter erläutert werden. Es werden hierbei zunächst die gemeinsamen Annahmen und anschließend die unterschiedlichen Annahmen beschrieben.

Tabelle 5: Szenariodesign Überblick – KSG-Sektor Energiewirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung.

	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr Grüne Brennstoffe“
Raffinerien	Produktionskapazität orientiert sich am Bedarf von Brandenburg und Berlin (konventionell und synthetisch).	
	Dezentrale Standorte mit starker Abwärme-Nutzung	Zentraler Standort
Brikettfabriken	Entfällt nach 2030 durch Kohleausstieg, bis dahin konstante Produktionsmenge	
Zeitplan des Kohleausstieges	Steinkohle vor 2030 vollständig, Braunkohle verbleibt bis Anfang der 2030er Jahre noch KW Schwarze Pumpe, 1,5 GW _{el}	
Gichtgas, Mineralöl	Ausstieg vor 2030, Substitution durch Erdgas	
EE-Gase	2030 im Verteilnetz kein H ₂ , 10 % Biomethan/Synthesegas 2045 im Verteilnetz 50 % H ₂ , 50 % Biomethan/Synthesegas plus H ₂ -Netz an ausgewählten Standorten, mehr in Szenario „Grüne Brennstoffe“	
Elektrolyse in BB	350 MW _{el} / 0,9 TWh in 2045 mit Abwärmenutzung in FW-Netzen, plus dezentral für Synthesegaserzeugung plus dezentral im Sektor Abfallwirtschaft	600 MW _{el} / 1,5 TWh in 2045 mit Abwärmenutzung in FW-Netzen, plus dezentral für Synthesegaserzeugung plus dezentral im Sektor Abfallwirtschaft
Gaskraftwerke	2030: 470 MW KWK, 583 MW ohne KWK 2040/45: 500 MW KWK, 583 MW ohne KWK	

	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr Grüne Brennstoffe“
FW Holz	sinkt bis 2045 absolut um 17 %	
FW Kohle	rund 2 % in 2030, 0 % danach	
FW Abfall	2045 keine Abfallverbrennung für die Fernwärme mehr	
Wind	bis 2045 auf 15 GW, 37 TWh linear ansteigend	bis 2045 auf 18 GW, 45 TWh linear ansteigend
Photovoltaik	bis 2045 auf 40 GW, 40 TWh linear ansteigend	bis 2045 auf 60 GW, 60 TWh linear ansteigend

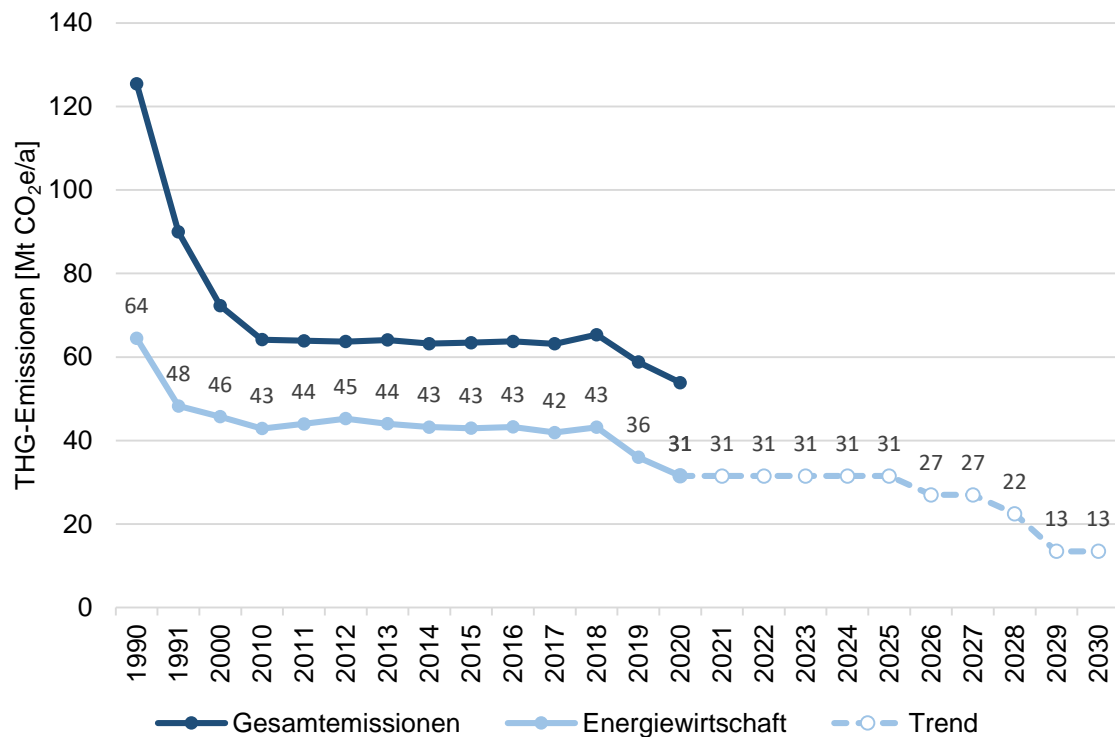
In der Primärenergiebilanz des Landes Brandenburg wie auch in der Umwandlungsbilanz des Sektors Energiewirtschaft (Jahr 2018) dominieren die Energieträger Roherdöl (508 TJ) und Braunkohle (346 TJ)³⁴, wobei insbesondere das Erdöl nicht verbrannt, sondern in Mineralölprodukte wie Diesel und Benzin gewandelt wird. Für den Sektor Energiewirtschaft entstehen hier hauptsächlich Prozessemissionen, die Emissionen durch Verbrennung der Mineralölprodukte werden überwiegend anderen, die Produkte verbrauchenden Sektoren wie dem Verkehrssektor angelastet oder liegen durch den Export bei der Verbrennung außerhalb des Bilanzkreises von Brandenburg (siehe hierzu ausführlicher im Zwischenbericht, Hirschl et al. 2022). Daher dominieren in der Quellenbilanz die Emissionen aus der **Braunkohleverfeuerung** nicht nur den Sektor Energiewirtschaft, sondern auch die gesamte Brandenburger Quellenbilanz bis 2030, siehe Abbildung 19. Um eine Überlagerung unterschiedlicher Effekte im Szenariodesign zu vermeiden wurde das gemäß dem Kohleausstiegsgesetz für 2030 verbleibende Braunkohlekraftwerk Schwarze Pumpe mit 1,5 GW_{el} inklusive Fernwärmeexport nach Hoyerswerda in Sachsen sowie die mit dem zugehörigen Tagebau zusammenhängende Brikettfabrik in beiden Szenarien gleich modelliert (siehe auch Ausführungen im vorhergehenden Abschnitt 3.1.2) und der vollständige Kohleausstieg bereits 2030 nur als Sensitivität analysiert³⁵. Der vollständige Ausstieg aus der Steinkohleverfeuerung wird dagegen bereits vor 2030 für beide Szenarien angenommen.

³⁴ Siehe AfS BBB (2021a).

³⁵ Ein vollständiger Kohleausstieg vor 2030 würde die Quellenemissionen des Landes Brandenburg gegenüber Szenario I um knapp 50 % reduzieren.

Abbildung 19: THG-Emissionen Energiewirtschaft im Trend bis 2030

Quellen: Eigene Darstellung nach LfU (2021), Thünen (2020), AfS BBB (2019a), UBA (2021c).



Für die **Raffinerien** (heute PCK in Schwedt) als weitere maßgebliche Emissionsquelle wurde angenommen, dass sich die Produktion ab 2030 auf die Versorgung des Gebietes Berlin-Brandenburg mit Kraftstoffen inklusive eines Exportanteils in andere Bundesländer beschränkt und somit stark reduziert. Der Exportanteil sinkt langfristig auf unter 30 % und liegt damit unter dem bisherigen Anteil von ca. 65 % des verarbeiteten Rohöls. Insgesamt wird die Transformation zu klimaneutralen Raffinerien mit der Produktion von synthetischen Kraftstoffen und chemischen Vorprodukten vollzogen, bei denen biogener Kohlenstoff eingesetzt oder fossiler Kohlenstoff im Kreislauf geführt wird.³⁶ Im Szenario I wird von einer sich dezentralisierenden Raffinerie-Produktion ausgegangen, während im Szenario II Schwedt als zentraler Standort erhalten bleibt.³⁷

Für die **Gaskraftwerke** wurde konservativ angenommen, dass erst nach 2030 für das Szenariojahr 2040 erste Kraftwerke mit einem Anteil von 10 % im Szenario I und 20 % im Szenario II mit

³⁶ Hierzu existieren bereits Pilotprojekte, u. a. von en2x (2022), carbonauten (2022), CEMEX (2022), OGE (2022a) und C1 (2022).

³⁷ Diese Szenarien decken die Bandbreite an prognostizierten Entwicklungen aus deutschlandweiten Studien ab. In „Klimapfade für Deutschland“ (2018) wird der Rückbau konventioneller und Neubau von modernen Raffinerien zur alleinigen Produktion von chemischen Vorprodukten diskutiert. In „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (2021b) und „Langfristszenarien“ (2022) sinkt der Primärenergieverbrauch von Mineralöl (-99,6 %) zwischen 2018 und 2045 signifikant bzw. der Endenergieverbrauch von konventionellen und synthetischen Kraftstoffen (-80 %). Auch die Entscheidung des EU-Parlaments vom 8. Juni 2022 zur Revision der Richtlinie 2019/631/EU zum Verkaufsverbot neuer Pkw und leichter Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren ab 2035 in der EU (ausgenommen Wasserstoff-Verbrennungsmotoren) legt einen zukünftig stetigen Rückgang von Kraftstoffverbräuchen in der EU nahe (Jungehülsing et al. 2022).

reinem Wasserstoff betrieben werden, da sie dann beispielsweise direkt an einer Wasserstoffpipeline angeschlossen sind.³⁸ Der Anteil steigert sich auf 15 % bzw. 30 % innerhalb der folgenden 5 Jahre bis 2045. Gaskraftwerke profitieren jedoch im Emissionsverhalten auch von der Beimischung von Wasserstoff und methanisierten EE-Gasen. Hier wurde für beide Szenarien einheitlich angenommen, dass 2030 noch kein Wasserstoff zur Beimischung zur Verfügung steht, da dieser bis dahin vorzugsweise in der Stahlindustrie und ggf. im Verkehr eingesetzt wird (siehe entsprechend die Abschnitte 3.5 und 3.4). Des Weiteren wurde für 2030 ein um 10 % sinkender Emissionsfaktor für Gas durch die Beimischung von 10 Vol % methanisiertem EE-Gas angenommen.³⁹ Für das Jahr 2040 wurde eine Beimischung von 20 Vol % Wasserstoff im Verteilnetz angenommen, einer Grenze, bei der in der Regel noch keine Anpassungen auf Verbraucherseite vorgenommen werden müssen. 2040 steigt der Anteil des methanisierten EE-Gases auf 37 Vol %. In den folgenden 5 Jahren erfolgt die Umstellung der Gasverbraucher auf ein Niveau von 50 Vol % Wasserstoff⁴⁰, wie es als Stadtgas in Berlin früher eingesetzt wurde. Die restlichen 50 % werden durch methanisierte EE-Gase bereitgestellt, der Anteil von fossilem Erdgas entfällt dann vollständig. Mit diesen Annahmen ergeben sich für das Mischgas die Emissionsfaktoren nach Tabelle 6.

Tabelle 6: Emissionsfaktoren Mischgas

Quelle: AfS BBB (2019a), eigene Berechnungen.

Jahr	Emissionsfaktor	Vol.- % Erdgas	Vol.- % Synthesegas	Vol.- % Wasserstoff
2018	201 g CO ₂ /kWh	100 %	0 %	0 %
2030	181 g CO ₂ /kWh	90 %	10 %	0 %
2040	101 g CO ₂ /kWh	43 %	37 %	20 %
2045	0 g CO ₂ /kWh		50 %	50 %

Die Umstellung des Stahlwerks Eisenhüttenstadt auf die Direktreduktion erfolgt einheitlich bereits vor 2030 (siehe Abschnitt 3.5.1), so dass **Gichtgas** ab 2030 im Kraftwerksbereich nicht mehr eingesetzt wird.

Das Aufkommen an **Bio- und Klärgasen** wird über die Jahre mengenmäßig als unverändert angenommen. Die Produktion aus Anbaubiomasse soll dabei jedoch zurückgehen und durch Reststoffe ersetzt werden. Die Technologie der Plasmalyse⁴¹ bietet hier eine gute Option, um das

³⁸ Demzufolge sind entsprechende Effekte im Szenariojahr 2030 noch nicht sichtbar. Über das genaue Verfügbarkeitsjahr der Pipeline wird damit keine Aussage getroffen.

³⁹ EE-Gas wird ebenso wie Biomasse und synthetisches Gas und synthetischer Kraftstoff im Rechenmodell als emissionsfrei angenommen. Damit wird angenommen, dass die synthetischen Produkte ausschließlich mit klimaneutralem, und nicht mit grauem Strom hergestellt werden. In einer vollständigen Lebenszyklusbetrachtung müssten jedoch ggf. Emissionen für die Produktion und Bereitstellung der hier genannten Brennstoffe berücksichtigt werden (sog. „Scope 3 Emissionen“).

⁴⁰ Erfolgt als Beimischung aus dem europäischen Wasserstoff-Backbone.

⁴¹ Die Plasmalyse bezeichnet eine Verfahrensgruppe, bei der Stoffströme in einem Plasma über eine angelegte Spannung zwischen zwei Elektroden dissoziiert, d. h. in ihre einzelnen Moleküle und Atome zerlegt werden. Abhängig

Wasserstoff- wie auch das Synthesegasaufkommen zu vergrößern (siehe Abschnitt 3.6). Für die Biogas- und Klärgasproduktion wurde für 2030 angenommen, dass 67 % (16 PJ) aufbereitet in das Gasnetz eingespeist werden. Dieser Anteil steigt auf 90 % (22 PJ) für die Jahre 2040/45.⁴² Für den Anteil Rest-CO₂ aus Fermentern, Faulgasbehältern oder der Biomethanaufbereitung wurden dabei 45 % angenommen, die über eine Elektrolyse bei 70 % Wirkungsgrad mit anschließender Methanisierung zu Biomethan aufbereitet werden, um so den Stromertrag zu steigern bzw. die Einspeisemenge in das Gasnetz zu erhöhen.⁴³ Es wurde angenommen, dass dieses Verfahren bei allen Anlagen durchgeführt wird, um hierdurch Strom in speicherbares Synthesegas zu wandeln. Es bedarf hier einer großen Kraftanstrengung, die Biogas-Bestandsanlagen zeitnah durch Umstellung der Fördersystematik auf Biomethan auszurichten, um diese EE-Synthesegasproduktion anzustoßen.

Für die **Wasserstoffproduktion** aus Elektrolyseuren wurde (mit Ausnahme des oben dargestellten Verfahrens) angenommen, dass die deutlichen Effizienzvorteile durch die Nutzung der Abwärme nutzbar gemacht werden können. Daher wurden alle restlichen Elektrolyseure dezentral an den Standorten der Fernwärmenetze angenommen, wodurch rund 20 % des Stromeinsatzes aus diesen Anlagen als Abwärme für die Fernwärme genutzt werden können⁴⁴. Die Dimensionierung der Leistung orientiert sich an einem wirtschaftlichen Betrieb, bei dem die Abwärme auch im Sommer überwiegend genutzt werden kann unter der Annahme, dass noch weitere sommerliche Wärme- bzw. Abwärmequellen verfügbar sind. Es wurde für 2030 von 2.500 h/a Betriebszeit mit Grünstrom ausgegangen, die sich ab dem Szenariojahr 2040 auf 3.000 h/a steigert. Ab dann erzeugen die 350 MW_{el} Elektrolyseure im Szenario I jährlich 2,6 PJ bzw. die 600 MW_{el} im Szenario II jährlich 4,5 PJ Wasserstoff in Verbindung mit der Fernwärme, die in ein Wasserstoffnetz eingespeist werden. Die Verfügbarkeit eines Wasserstoffnetzes bzw. eine produktionsnahe Abnahme sind hier die Restriktionen, die es zu berücksichtigen gilt. Neben der Wasserstoffherzeugung zur Methanisierung des biogenen CO₂ aus Faulbehältern und Fermentern, der hier beschriebenen Wasserstoffherzeugung zur Netzeinspeisung wird auch noch im Sektor Abfallwirtschaft dezentral Wasserstoff erzeugt, deren Anteile, rund 3,7 PJ, dort beschrieben und aus der gemeinsamen Energiebilanz im Anhang, Tabelle 80, zu entnehmen ist.

Der **Ausbau der Gaskraftwerke** erfolgt aus Effizienzgründen ausschließlich im Segment der Kraft-Wärme-Kopplung, die Kraftwerksleistung ohne KWK wird auf dem aktuellen Niveau von

von den verwendeten Ausgangsstoffen ist dabei wegen der unterschiedlichen Bindungsenergie der Atome im Molekülverbund für die Trennung unterschiedlich viel Trennungsenergie notwendig. So sinkt der Energieaufwand zur Erzeugung von Wasserstoff aus organischen Bestandteilen von Abwasser (Abwasserplasmalyse) im Vergleich zur Elektrolyse von reinem Wasser um 60 %, da der Wasserstoff dort nicht so fest gebunden ist wie in der Verbindung mit Sauerstoff im Wasser. Bei der emissionsfreien Zerlegung von Methan (CH₄) in Wasserstoff und festen Kohlenstoff (Methanplasmalyse) sinkt der Energieaufwand vergleichsweise sogar um 80 % und ist damit nur 10 % höher als beim Prozess der Wasserstoffgewinnung aus der Dampfreformation von Erdgas, bei der erhebliche Mengen an CO₂ in die Atmosphäre entweichen. Handelt es sich bei der Methanplasmalyse um Kohlenstoff biogener Herkunft, entsteht hierbei eine CO₂-Senke, sofern der feste Kohlenstoff (Carbon Black) nicht wieder freigesetzt wird (Hirschl et al. 2021; Hanke 2020).

⁴² Der BDEW (BDEW 2022) empfiehlt mit seinem Positionspapier ebenfalls die beschleunigte Biomethaneinspeisung, erwähnt aber die Nutzung des biogenen CO₂ nur untergeordnet im letzten Absatz. Abweichend dazu formuliert die Langfassung der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos et al. 2021b) für 2045 fehlende infrastrukturelle Voraussetzungen im Gasnetz.

⁴³ Die Plasmalyse als innovatives, energiesparendes Verfahren der Wasserstoffherstellung blieb hierbei konservativ in der Energiebilanz noch unberücksichtigt und stellt einen Joker dar, der den EE-Flächenbedarf reduzieren kann.

⁴⁴ Bei einem angenommenen elektrischen Wirkungsgrad von 70% verbleiben 10% des eingesetzten Stroms als Verlust.

582 MW_{el} belassen. Die Steigerung der KWK-Leistung von aktuell 350 MW_{el} auf 470 MW_{el} orientiert sich am bisher bekannten Neubau in Cottbus und Frankfurt Oder zuzüglich 20 MW_{el} Aufschlag bis 2030. Für die Jahre 2040/45 wird ein weiterer Zubau von 30 MW_{el} angenommen zuzüglich Ersatzbauten. Damit ergibt sich etwas mehr als ein GW an Gaskraftwerksleistung, die auch für die Stabilisierung des Stromsystems (Systemdienstleistungen) zur Verfügung steht.⁴⁵ Im Vergleich zur bisherigen Situation und mit Blick auf die für Deutschland angegebene Spannweite von 23 – 43 GW Gaskraftwerksbedarf bis 2030 (Gierkink et al. 2021; BCG 2021) leistet das Land Brandenburg hier einen vergleichsweise geringeren Beitrag. Unter dem Gesichtspunkt der Effizienz und Systemstabilität macht es jedoch Sinn, die zukünftigen Gaskraftwerksstandorte viel stärker dezentral in Deutschland zu verteilen und an urbane und industrielle Zentren zu verlegen, in denen entsprechender Abwärmebedarf vorhanden ist (Blum 2017; Hirschl et al. 2021). Als ehemaliger Bereitsteller und Exporteur von Versorgungssicherheit wäre Brandenburg demnach in Zukunft zum Teil auf den Import entsprechender Systemdienstleistungen angewiesen. Im Gegenzug bringt das Land dafür überproportional Flächen ein und exportiert erneuerbaren Strom in andere Bundesländer (siehe unten).

Bei allen **Volllaststunden der thermischen Stromerzeugung** wurde nicht zwischen den Szenarien unterschieden. Die Braunkohleverstromung wurde 2030 noch mit 8.200 h/a berücksichtigt. Für die Volllaststunden im Gas-KWK-Betrieb wurden 2030/ 2040/ 2045 3.300 h/a/, 1540 h/a und 845 h/a angenommen, so wie es das BMWK in seinen Konsultationen Verbändegespräch KWKG im Februar 2022 angenommen hat. Für die thermische Stromerzeugung ohne KWK wurden analog sinkend 1.100 h/a, 513 h/a und 282 h/a angenommen.

Der **Fernwärmeabsatz** wurde aus den in anderen Sektoren ermittelten Endenergieverbräuchen zuzüglich Leitungsverluste, Eigenverbrauch im Umwandlungsbereich - insbesondere für die Bricktffabrik - und den Fernwärmeexport nach Sachsen-Hoyerswerder bis 2030 ermittelt. Ausgangspunkt für den Fernwärmemix ist die durch Befragung der Unternehmen nach dem Hauptbrennstoffeinsatz entstandene Aufteilung nach Abbildung 20 (siehe Zwischenbericht, Hirschl et al. 2022).

Dabei diversifiziert sich die Fernwärmeerzeugung zunehmend, einerseits durch den rückläufigen Einsatz von Mischgas, Holz und Abfall⁴⁶, andererseits durch den zunehmenden Einsatz von Wärmepumpen für Geothermie und Abwärmenutzung, Solarthermie und Power to Heat. Für die Abfallverbrennung wurde angenommen, dass diese spätestens 2045 ausläuft, weil die Abfallströme dann im Kreislaufverbund zurückgeführt werden bzw. nicht mehr im Verbund mit der Fernwärme genutzt werden (siehe Abschnitt 3.6). Auf dem Weg dorthin wurde ein Rückgang der Abfallverbrennung bis 2040 auf 75 % des Niveaus von 2018 angenommen, 2030 dagegen wird Abfall noch in gleichem Umfang wie 2018 genutzt. Dabei steigt der Anteil des Abfalls im Fernwärmemix aber gemäß den gewählten Annahmen steil an, da der Abfalleinsatz in Jänschwalde nicht mehr als Beiwerk zur Kohleverbrennung überwiegend thermisch ungenutzt bleibt, sondern direkt in die Fernwärmenetze eingebunden wird. Für die Biomasse Holz wurde ein linearer Rückgang bis

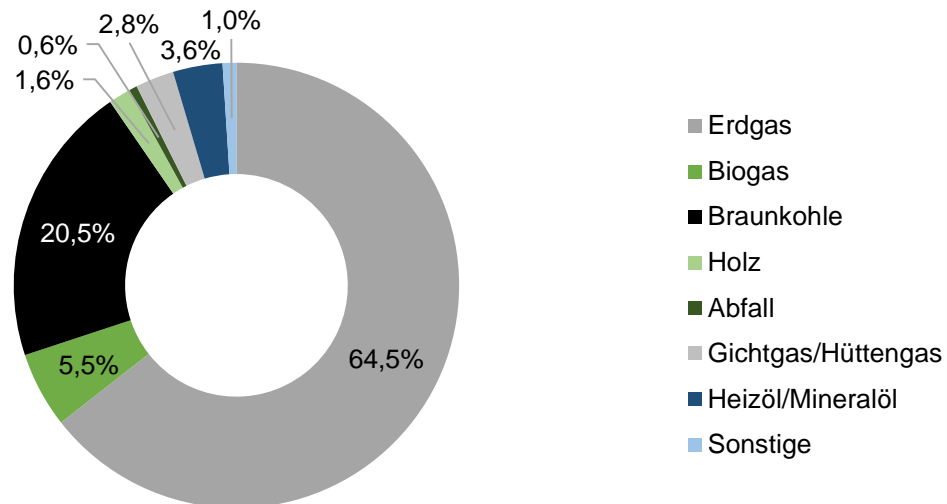
⁴⁵ Die Absicht der LEAG, am Standort Jänschwalde ein Gas-Speicherkraftwerk mit 560 – 870 MW_{el} zu errichten (LEAG 2022a), wurde erst nachträglich bekannt. Die zusätzlichen Emissionen dieses Gaskraftwerks, das die Gesamtleistung aller berücksichtigten Gaskraftwerke signifikant vergrößern würde, hätte bei Berücksichtigung erheblichen Einfluss auf das Ergebnis dieser Studie gehabt.

⁴⁶ Die Begriffe Abfall und Müll werden in diesem Gutachten synonym verwendet. In der Brandenburger Energiebilanz wird die Spalte „Müll“ (fossiler Anteil) genutzt, daher wird in den Grafiken überwiegend auf den Begriff „Müll“ und im Fließtext überwiegend auf den Abfallbegriff zurückgegriffen.

2045 um insgesamt 17 % angenommen, der sich aus den Annahmen von LULUCF, insbesondere dem Verbleib von Waldderb- und Restholz in den Wäldern zum Biomasseaufbau, ergibt (siehe Abschnitt 3.8).

Abbildung 20: Hauptbrennstoffe in der Fernwärme (in % nach Wärmemenge)

Quelle: Zeidler (2020).



Im Einzelnen wurde **Power to Heat** in der Fernwärme für beide Szenarien einheitlich mit 1.000 MW in 2030, steigend auf 1.500 MW in 2040 und 1.600 MW in 2045 angenommen, 2030 noch mit 1.200 h/a, steigend bis 2040/45 auf 1.500 h/a. Für **Power to Gas** wurden dagegen 2.500 h/a für 2030 und 3.000 h/a ab 2040 angesetzt mit der Begründung, dass die Power to Gas Anwendungen wegen der wirtschaftlichen und politischen Notwendigkeiten prioritär vor Power to Heat eingesetzt wird. Die Leistung wird spezifisch je Szenario weiter unten beschrieben.

Für den Einsatz von **Wärmepumpen** wurde unterschieden zwischen einem Einsatz bei Nutzung von Abwärme, von oberflächennaher Geothermie, von mitteltiefer Geothermie mit Speicherung von Überschüssen und der tiefen Geothermie nach Tabelle 7. Es wurde angenommen, dass die Technologien bereits 2030 weitgehend vollständig eingeführt sind und dass wegen des sinkenden Fernwärmeabsatzes nach 2030 keine weiteren Installationen mehr erfolgen. Ein Einsatz von Luftwärmepumpen wurde für die Fernwärme nicht gesondert modelliert, auch wenn sie im Einzelfall zukünftig ggf. in der Nahwärme auch vorkommen könnten.

Der Einsatz von **Solarthermie** in der Fernwärme wurde gegenüber 2018 bis 2030 um 470 % erhöht, dann aber wegen Sättigung und der zunehmenden Konkurrenz der Photovoltaik in der Fernwärme konstant gelassen. Er verbleibt somit auf quantitativ unbedeutendem Niveau, wie aus der Darstellung der Fernwärmeanteile (siehe Abbildung 21, Abbildung 22) entnommen werden kann. Der Anstieg beim Anteil KWK-Abfall von 2030 nach 2040 ist damit begründet, dass der Rückgang der Abfallverbrennung auf 75 % bis 2040 geringer ausfällt als der Abfall des Fernwärmeverbrauchs nach Tabelle 8.

Tabelle 7: Leistung, Jahresnutzungsgrad und Volllaststunden verschiedener Abwärme- und Geothermie-Systeme in der Fernwärme

Quelle: Eigene Annahmen.

System	Jahr	Leistung	JNG* Strom	Volllaststunden
Abwärme	2030	100 MW		
	2040	150 MW	6,0	3.000 h/a
	2045	180 MW		
Oberflächennahe Geothermie	2030	70 MW	4,5	3.000 h/a
	ab 2040	108 MW		
Mitteltiefe Geothermie	ab 2030	100 MW	5,5	6.000 h/a
Tiefe Geothermie	2030, 2040	60 MW	20	7.500 h/a
	ab 2045	80 MW		

*JNG: Jahresnutzungsgrad

Tabelle 8: Fernwärmeverbrauchsentwicklung seit 2018 im Vergleich beider Szenarien

Quelle: Eigene Berechnungen.⁴⁷

Jahr	2018	2030_I	2030_II	2040_I	2040_II	2045_I	2045_II
Endenergie	20,8 PJ	22,9 PJ	23,4 PJ	20,4 PJ	19,7 PJ	18,6 PJ	17,5 PJ
Umwandlung	6,1 PJ	6,1 PJ	6,1 PJ				
Export	0,6 PJ	0,6 PJ	0,6 PJ				
Verluste	3,0 PJ	2,7 PJ	2,7 PJ	1,6 PJ	1,6 PJ	1,5 PJ	1,4 PJ
Summe	30,5 PJ	32,3 PJ	32,8 PJ	22,1 PJ	21,4 PJ	20,2 PJ	19,0 PJ

Der Mischgaseinsatz in den Heizwerken zwischen 2030 und 2040 gemäß Abbildung 21 kann durch den verstärkten Einsatz insbesondere von Wärmepumpen und Power to Heat mehr als halbiert werden. Der sich anschließende prozentuale Anstieg des Gaseinsatzes in den Heizwerken der Szenarien von 2040 auf 2045 ist im Wegfall der Abfallverbrennung begründet, der durch den vermehrten Einsatz von mit Gas betriebenen Heizwerken modellmäßig ausgeglichen wird, sofern keine anderen Technologien verfügbar sind.

⁴⁷ PJ und TWh sind beides gebräuchliche Einheiten, die sich lediglich nach folgender Regel um den Faktor 3,6 unterscheiden: 1 PJ = 1 TWh / 3,6 bzw. 1 TWh = 3,6 PJ. Die Einheit PJ wird als amtliche Einheit in der offiziellen Energiebilanz verwendet.

Abbildung 21: Fernwärmeerzeugungsanteile 2030-2045, Szenario I

Quellen: Eigene Darstellung.⁴⁸

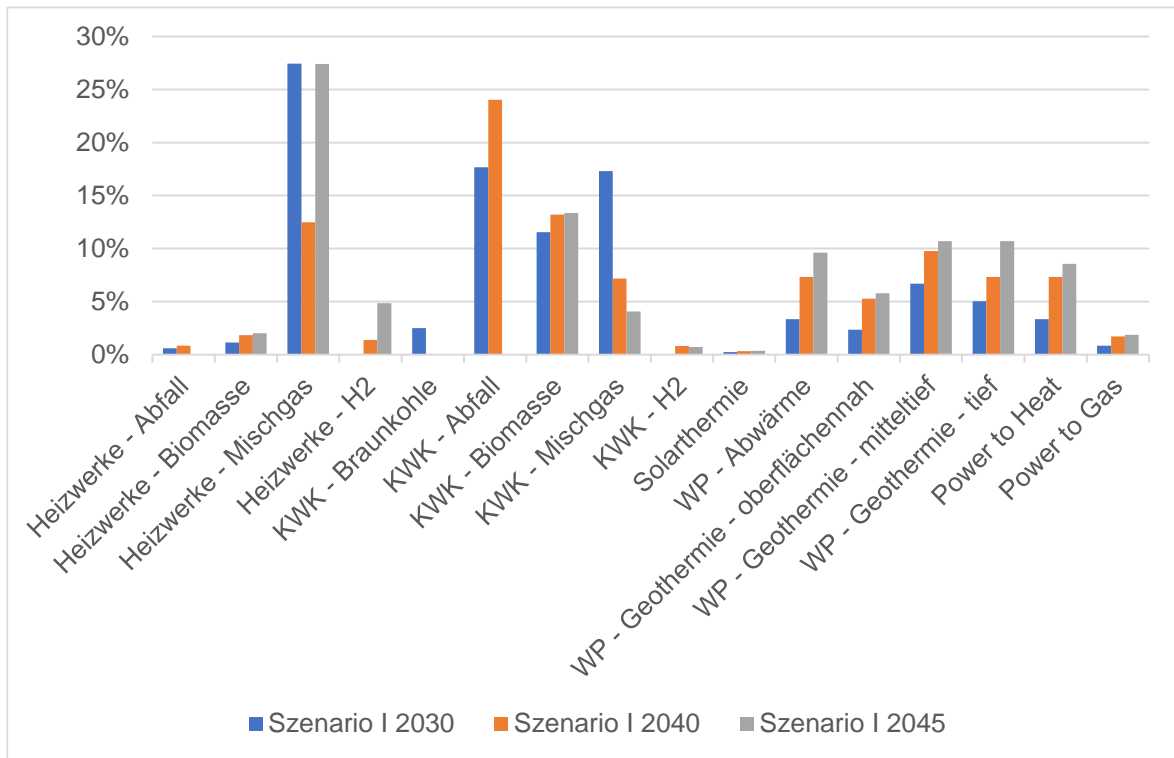
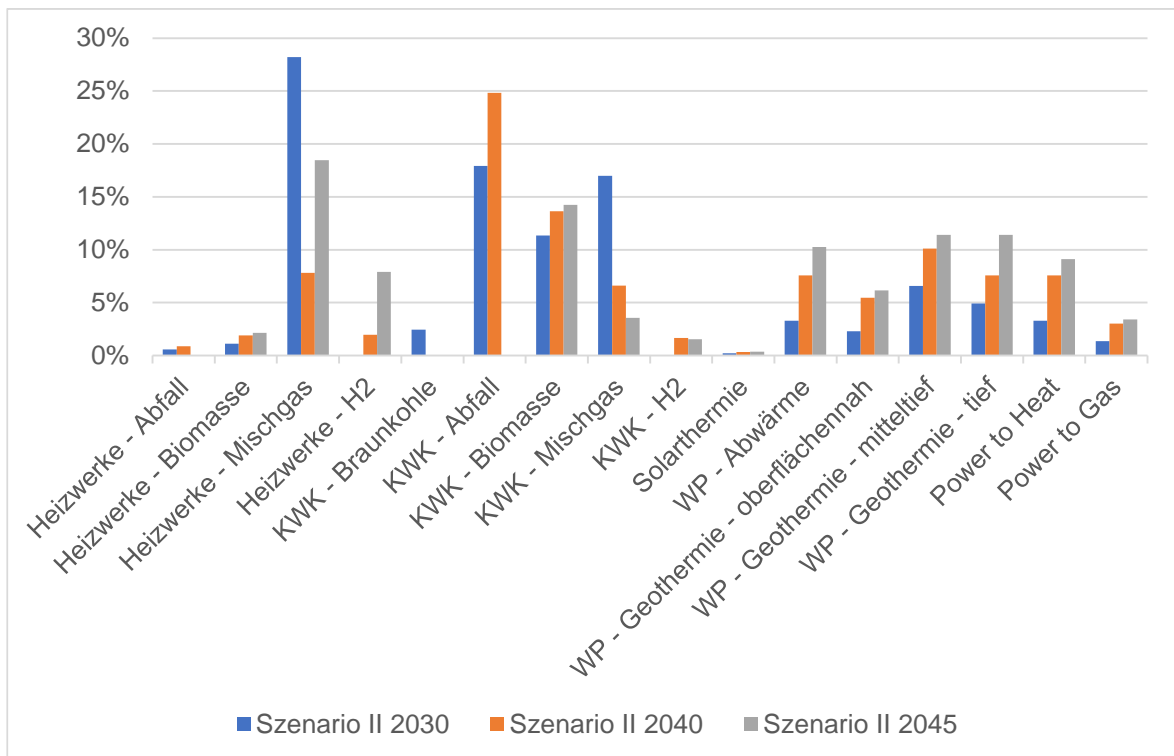


Abbildung 22: Fernwärmeerzeugungsanteile 2030-2045, Szenario II

Quellen: Eigene Darstellung.



⁴⁸ Biogas und Biomethan werden unter Mischgas subsummiert.

Tabelle 9: Fernwärmeerzeugungsanteile 2030-2045 für beide Szenarien

Quelle: Eigene Berechnungen.

	Szenario I			Szenario II		
	2030	2040	2045	2030	2040	2045
Heizwerke - Abfall	1%	1%	0%	1%	1%	0%
Heizwerke - Biomasse	1%	2%	2%	1%	2%	2%
Heizwerke - Mischgas	27%	12%	27%	28%	8%	18%
Heizwerke - H2	0%	1%	5%	0%	2%	8%
KWK - Braunkohle	2%	0%	0%	2%	0%	0%
KWK - Abfall	18%	24%	0%	18%	25%	0%
KWK - Biomasse	12%	13%	13%	11%	14%	14%
KWK - Mischgas	17%	7%	4%	17%	7%	4%
KWK - H2	0%	1%	1%	0%	2%	2%
Solarthermie	0%	0%	0%	0%	0%	0%
WP - Abwärme	3%	7%	10%	3%	8%	10%
WP - Geothermie - oberflächennah	2%	5%	6%	2%	5%	6%
WP - Geothermie - mitteltief	7%	10%	11%	7%	10%	11%
WP - Geothermie - tief	5%	7%	11%	5%	8%	11%
Power to Heat	3%	7%	9%	3%	8%	9%
Power to Gas	1%	2%	2%	1%	3%	3%

3.2.2 Szenario I: „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

Die wesentlichen Unterschiede beider Szenarien betreffen verschiedene Ansätze für die Erzeugung von Strom aus Windkraft und Photovoltaik, darüber hinaus gibt es unterschiedliche Ansätze für die Elektrolyseleistung.

In der Eröffnungsbilanz der Bundesregierung (BMWK 2022e) hatte sich die Bundesregierung vorgenommen, bis 2030 bei einem angenommenen Stromverbrauch von 680 – 750 TWh/a den EE-Anteil beim Strommix auf 80 % zu erhöhen. Im sogenannten Osterpaket der Bundesregierung wurden die Ausbauziele für Photovoltaik auf 215 GW und für die Windenergie onshore auf 115 GW angehoben. Unter dem Einfluss der russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine wurden inzwischen die Zielvorgaben weiter geschärft und das Ziel einer 100 % EE-Stromversorgung bis 2035 ausgerufen (Bundesregierung 2022a). Der EE-Ausbau soll daher noch schneller erfolgen, was jedoch im Rahmen der Szenarienbildung nicht mehr abgebildet werden konnte.

Im Szenario I wird die Leistung der **Windkraftanlagen** von 7,5 GW im Jahr 2021 auf 15 GW bis 2045 erhöht, einen linearen Anstieg vorausgesetzt mit Zwischenschritten von 11 GW in 2030 und 14 GW in 2040.⁴⁹ Der Ausbau bis 2030 folgt dabei nicht der Maßgabe, die installierte Leistung

⁴⁹ Gemäß Landtagsbeschluss hat sich das Land Brandenburg inzwischen auf ein Ausbauszenario von 11,5 GW bis 2030 geeinigt (Landtag Brandenburg 2022a). Die am 23.08.2022 beschlossene Energiestrategie 2040 setzt das Ausbauziel von 15 GW bis 2040 fest. Beide Zielgrößenanpassungen konnten im Rahmen des Szenariodesigns nicht mehr berücksichtigt werden; die Szenariowerte entsprechen dennoch in etwa dieser Größenordnung. Unsere Szenariowerte für den Photovoltaik-Ausbau bis 2030 und 2040 entsprechen genau den Zielwerten, die das Land Brandenburg in der Energiestrategie 2040 festgelegt hat.

wie im Bundesdurchschnitt zu verdoppeln, sondern geht davon aus, dass andere Bundesländer mit geringerer Vorleistung zunächst stärker beansprucht werden. Für den Endausbau werden bei einer Installationsdichte von 20 MW/km² (siehe hierzu ausführlicher im Zwischenbericht, Hirschl et al. 2022) rund 2,5 % der Landesfläche benötigt, bei Berücksichtigung mangelder Umsetzung wird eine entsprechend größere Fläche als Windeignungsgebiet benötigt. Diese 2,5 % Landesfläche kann jedoch weiterhin weiteren Nutzungsarten zur Verfügung stehen, seien es landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Nutzflächen, wiedervernässte Moore oder Ansiedlungsgebiete für landwirtschaftliche, gewerbliche oder industrielle Betriebe, insbesondere aber auch PV-Freiflächenanlagen, die durch die Doppelnutzung der Flächen von der gemeinsamen Nutzung der Netzanschlussressourcen profitieren können. Für die Energieerzeugung des Windstromes wurden für 2030 2.200 h/a angenommen, die sich 2040 bzw. 2045 auf 2.400 h/a bzw. 2.500 h/a im Durchschnitt steigern, insbesondere durch höhere Anlagen und Anlagen mit Schwachwindauslegung.

Für den Ausbau der **Photovoltaik** wurde angenommen, dass dieser bis 2045 linear von 4,1 GW in 2021 (Stichtag 6.5.2021) auf 40 GW in 2045 steigt⁵⁰. Es ergeben sich Zwischenwerte von 18 GW bis 2030 und 33 GW bis 2040. Der Ausbau kann über unterschiedliche Ausprägungen mit Verschiebungen zwischen den Segmenten Dachflächen, Verkehrsflächen, Seen und Mooren, Freiflächen in konzentrierter Nutzung oder Agri-PV-Flächen mit senkrechten Bifacial-Modulen sowie überbauten Flächen bei intensiven Kulturen erfolgen. Der Ertrag wurde einheitlich pauschal mit 900 h/a Volllast errechnet. Unter der Annahme der Errichtung von 15 GW auf Dachflächen⁵¹ und 2 GW als Floating-PV und PV auf Parkplätzen ergibt sich schätzungsweise ein Flächenverbrauch von 0,5 % bis 1,1 % der Landesfläche, je nach Annahmen zu den Anteilen reiner Freiflächenanlagen und von Agri-PV-Anlagen, bei denen zwar im Vergleich mehr Fläche benötigt wird, aber aufgrund der Anordnung nur rund 5 % der Fläche tatsächlich belegt wird. Die restliche Fläche kann weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden. Dies eingerechnet sinkt der Flächenbedarf bei der Annahme einer zwischen Freiflächenanlagen und Agri-PV gleichverteilten Leistung sogar auf nur noch 0,2 % der Landesfläche. Bei einer Mehrfachnutzung aus Agri-PV mit landwirtschaftlicher sowie Windkraftnutzung würde sich der Flächenverbrauch des Landes für die Erneuerbaren Energien enorm reduzieren. Windkraft und Photovoltaik stören sich zwar in geringem Maße bei direktem Sonnenschein durch den Schattenwurf der Windkraftanlagen. Dies sind in der Regel aber Zeiten mit zunehmenden Überschüssen und sinkender Werthaltigkeit des Stromes. Da die Mehrfachnutzung gegenwärtig noch nicht bzw. erst in Anfängen in den gesetzlichen Rahmenbedingungen und Förderkulissen enthalten ist, sind diesbezügliche Hemmnisse abzubauen und sollten zeitnah Erfahrungen mit unterschiedlichen Kombinationen gesammelt werden.

Im Szenario I wird in der Folge über das Jahr etwa gleich viel Strom aus Windkraft und Photovoltaik gewonnen (51 % zu 49 % PV-Strom). Es müssen bis 2045 jährlich rund 0,33 GW Windkraftanlagen und 1,6 GW PV-Anlagen errichtet werden. Über das Jahr gerechnet sinkt der Stromexport mit diesem Ansatz von 129 PJ (35,8 TWh) in 2018 auf 73 PJ (20,3 TWh) im Jahr 2045, was dann nur noch der Größenordnung des ermittelten Stromverbrauchs von Berlin für 2050 entspricht (Hirschl et al. 2021). Berlin wird im Jahr 2045 laut Hirschl et al. (2021) nur zu rund 50 % auf Stromimporte insbesondere im Winter angewiesen sein, so dass die Stromerzeugung aus

⁵⁰ Die Solarpotenzialstudie der WFBB (2022c) weist im Vergleich ein Potenzial von 55 GW aus, in dieser Zahl sind allerdings die EEG-Basisflächen nicht integriert. Auf den in Brandenburg weit verbreiteten ertragsarmen landwirtschaftlichen Böden (Bodenzahl ≤ 30) außerhalb der EEG-Flächenkulisse wurde ein Potenzial von 117,6 GW ermittelt.

⁵¹ Dieser Wert entspricht rund 50 % der vom WFBB ermittelten Dachflächenpotenziale (WFBB 2022c).

Brandenburg über den Bedarf der Metropolregion Berlin-Brandenburg hinausgeht und insofern in andere Bundesländer exportiert werden kann.

Durch die ähnlichen Fernwärmeverbräuche beider Szenarien unterscheidet sich das Szenario I beim Fernwärmemix im Wesentlichen durch eine im Vergleich zu Szenario II geringere Elektrolyseleistung von 300 MW_{el} in 2030, die in 2040 auf 350 MW_{el} ansteigt. In beiden Szenarien orientiert sich der effiziente Einsatz der Elektrolyse mit Wasserstoff-Wärme-Kopplung am Fernwärmeabsatz unter Maßgabe, das noch andere Wärme- bzw. Abwärmequellen im Fernwärmenetz vorhanden sind und trotzdem ein weitgehend durchgehender Betrieb auch über die Sommermonate ermöglicht wird. Insgesamt wird im Szenario I weniger Gas und Wasserstoff verbraucht, 2030 sind es 62 PJ (17,1 TWh), der 2040 auf 8 PJ (2,1 TWh) sinkt. 2045 kann das Land Brandenburg bilanziell sogar 4 PJ (1,1 TWh) an grünem Gas exportieren, ist also beim Gas- und Wasserstoffverbrauch unabhängig von Energieimporten. Ausgangspunkt war 2018 ein Erdgasverbrauch von 103 PJ (28,7 TWh), vgl. auch Abbildung 25. Die in dieser Abbildung dargestellten Energieumsätze stellen als Saldo den Primärenergieverbrauch dieser Energieträger da. Der tatsächliche Verbrauch von Wasserstoff liegt 2030 bei rund 14 PJ (4 TWh), der sich bis 2045 auf 44 PJ (12 TWh) steigert, bedingt durch den Bedarf bei der Produktion von Synthesegasen, Synthetischen Kraftstoffen und der Kompensation des Endenergieverbrauchs durch die Wasserstoffherzeugung mit Abwärmenutzung in der Fernwärme und der Wasserstoffherzeugung in der Abfallwirtschaft.⁵²

3.2.3 Szenario II: „Mehr grüne Brennstoffe“

Für das Szenario II wurde für den Elektrolyseeinsatz zur **Wasserstoffgewinnung** mit Abwärmenutzung in der Fernwärme eine installierte Leistung von 500 MW_{el} für das Jahr 2030 angenommen, die bis 2040/45 auf ein Niveau von 600 MW_{el} steigt. Der im Szenario II insgesamt gestiegene Gas- und Wasserstoffbedarf in Höhe von insgesamt 80 PJ (22,1 TWh) für 2030 41 PJ (11,3 TWh) für 2040 und 43 PJ (11,8 TWh) für 2045, vgl. Abbildung 24, kann hierdurch allerdings nicht aufgefangen werden, so dass ein erhöhter, möglichst grüner Wasserstoffimport notwendig wird, idealerweise dezentral erzeugt unter Nutzung der Abwärme. Der eigentliche Wasserstoffverbrauch unter Berücksichtigung von Produktion und Kompensation durch die Eigenerzeugung (s. o.) liegt 2030 bei rund 18 PJ (5 TWh) und steigert sich bis 2045 auf 89 PJ (25 TWh). Damit liegt dieser Entwicklungspfad in einer ähnlichen Größenordnung wie in der aktuellen Brandenburger Wasserstoffstrategie angegeben.⁵³

Demzufolge wird in diesem Szenario mehr erneuerbare Energie benötigt für den im Vergleich zum Szenario I 2045 mehr als doppelt so hohen, zusätzlichen Wasserstoffverbrauch, der anteilig möglichst in Brandenburg und Deutschland erzeugt werden soll. Die Leistung der **Windkraftanlagen** steigt daher im Szenario II von 7,5 GW in 2021 auf 18 GW in 2045 linear an mit den Zwischenschritten von 12 GW in 2030 und 16 GW in 2040. Der Flächenverbrauch steigt demzufolge von 2,5 % auf mindestens 3 % der Landesfläche an, sofern die Umsetzung der Nutzung der ausgewiesenen Flächen zu 100 % erfolgt.

⁵² Die oben angegebenen Wasserstoffwerte lassen sich nicht direkt aus der Bilanz aufsummieren, da in einigen der hier aufgeführten Energieträger der Wasserstoff nur anteilig und/oder als nicht bilanziertes Zwischenprodukt enthalten ist.

⁵³ Siehe „Maßnahmenkonkrete Strategie für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft im Land Brandenburg“ (MWAE 2021a); auf Seite 62 wird auf der Basis der Wasserstoffbedarfe der Nationalen Wasserstoffstrategie im Rahmen einer vereinfachten Ableitung ein Gesamtwert für Brandenburg von 22,5 TWh für das Jahr 2040 angegeben.

Die Leistung der **Photovoltaik** steigt gegenüber Szenario I bei ansonsten gleichen Annahmen im Unterschied zur Windenergie überproportional auf 60 GW in 2045, mit Zwischenwerten von 26 GW in 2030 und 49 GW in 2040. Der Grund dafür liegt in aktuell geringer einzuschätzenden Hemmnissen der Flächenbereitstellung und der Akzeptanz bei der Photovoltaik, bei gleichzeitig vorhandenen Lösungsoptionen zur Minderung dieser Hemmnisse. Die Flächeninanspruchnahme für PV-Anlagen steigt damit auf 0,9 %-2,5 %. Unter Berücksichtigung von 50 % Agri-PV im Freiflächensegment und Anrechnung von nur 5 % der Agri-PV-Fläche als tatsächlich für die Landwirtschaft verlorengehend sinkt der Flächenverbrauch analog wie im Szenario I beschrieben auf 0,5 % der Landesfläche.

Im Szenario II steigen die Erträge aus Windkraft gegenüber Szenario I um 20 %, die Photovoltaikleistung – nicht der Ertrag – insbesondere in Form von Freiflächen und Agri-PV steigt dagegen um 50 %. Im Szenario II wird damit rund 55 % der gemeinsamen Stromerträge aus PV-Strom gewonnen, 45 % der Erträge stammen aus der Windkraft. Abschaltungen durch Einspeisemanagement insbesondere bei mittäglichen Einspeisespitzen durch PV-Strom blieben bei der Betrachtung unberücksichtigt.

3.2.4 Vergleich und Diskussion der Szenarien











Die beiden Szenarien zeigen trotz in Teilen deutlich unterschiedlicher Annahmen im Ergebnis bei den Treibhausgasemissionen auf der Ebene der **Quellenbilanz** keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 10). Als Gründe hierfür können zum einen die gleichen Annahmen zum Kohleeinsatz genannt werden, aber auch ein ähnlich dimensionierter Fernwärmeeinsatz in beiden Szenarien. Zudem bildet sich die unterschiedlich konfigurierte EE-Erzeugung nicht direkt in den Emissionsbilanzen ab.

Abbildung 23 zeigt die zur Tabelle 10 gehörige Grafik der Quellenbilanz mit der Unterscheidung der Verursacher insbesondere im Jahr 2030: Den größten Anteil hat der Umwandlungseinsatz im Bereich der Wärmekraftwerke ohne KWK (grün), der überwiegend (93 %) durch den Braunkohleeinsatz im Kraftwerk Schwarze Pumpe verursacht wird. Der Braunkohleeinsatz für die dem Tagebau angegliederte Brikettfabrik (gelb) trägt ebenfalls in zweiter Priorität zu den Gesamtemissionen bei. Auch im Energieträgereinsatz für die Wärmekraftwerke im KWK-Betrieb (blau) wird noch Braunkohle eingesetzt, wenn auch in deutlich geringerem Maße.

Das Niveau von 19,7-19,8 Mt CO_{2e} in 2030 erreicht nur eine Reduktion der sektorspezifischen Emissionen auf ein Niveau von -69,3 bis -69,4 % Einsparungen gegenüber 1990. Den Zielwert für Gesamtdeutschland legt das Klimaschutzgesetz für den Sektor Energiewirtschaft dagegen mit 75 % Emissionsreduktion bezogen auf 1990 fest. Würde dieses Ziel auch für Brandenburg gelten, müssten die Treibhausgasemissionen 2030 bereits auf ein Niveau von rund 16 Mt CO_{2e} abgesenkt werden. Durch den Verzicht der Braunkohle vor 2030 könnte dieses Ziel erreicht werden, die Emissionen würden dann um rund 50 % gegenüber dem berechneten Szenario für 2030 sinken.

Tabelle 10: Treibhausgas-Emissionen des KSG-Sektors Energiewirtschaft

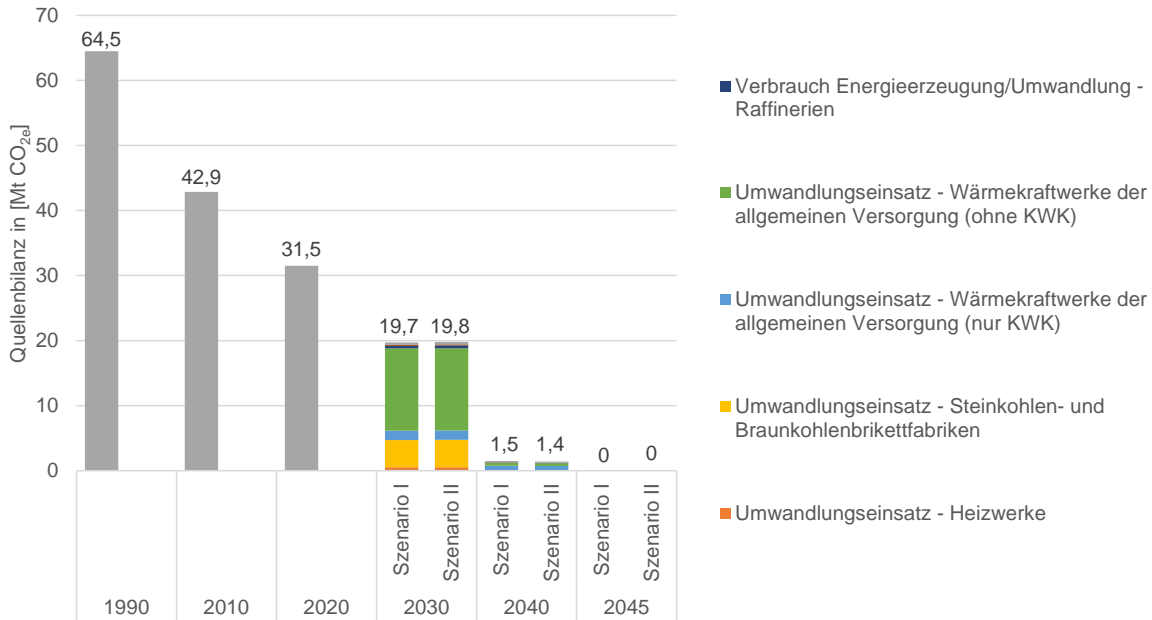
Quelle: Eigene Darstellung nach LfU (2021), Thünen (2020), AfS BBB (2019a), UBA (2021c).

[Mt CO _{2e}]	1990	2010	2020	2030	2040	2045
Szenario I	64,5	42,9	31,5	19,7	1,5	0,0
Reduktion ggü. 1990	0 %	-33,5 %	-51,2 %	-69,4 %	-97,7 %	-100 %
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				0,4	0,1	0,0
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				1,4	0,7	0,0
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				12,6	0,4	0,0
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				4,2	0,0	0,0
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				0,5	0,1	0,0
Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				0,0	0,0	0,0
Umwandlungsverbrauch sonstige Energieerzeuger				0,2	0,0	0,0
Verluste				0,0	0,0	0,0
Nicht energiebedingte THG				0,4	0,2	0,0
Szenario II	s. o.	s. o.	s. o.	19,8	1,4	0,0
Reduktion ggü. 1990	s. o.	s. o.	s. o.	-69,3 %	-97,8 %	-100 %
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				0,4	0,1	0,0
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				1,4	0,7	0,0
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				12,6	0,4	0,0
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				4,2	0	0,0
 Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				0,5	0,1	0,0
Umwandlungseinsatz sonstige Energieerzeuger				0,0	0,0	0,0
Umwandlungsverbrauch sonstige Energieerzeuger				0,2	0,0	0,0
Verluste				0,0	0,0	0,0
Nicht energiebedingte THG				0,4	0,2	0,0

* Farbcode siehe Legende [Abbildung 23](#)

Abbildung 23: THG-Emissionen des KSG-Sektors Energiewirtschaft

Quellen: Eigene Darstellung nach LfU (2021), Thünen (2020), AfS BBB (2019a), UBA (2021c); Erläuterungen zur Legende siehe Fußnote.⁵⁴



Bei der Interpretation der Zeitreihe von historischen Emissionsdaten zusammen mit den Ergebnissen der Szenarien müssen Methodenbrüche berücksichtigt werden, da die historischen Daten nicht streng nach der Logik des KSG berechnet worden sind. So sind 2018 rund 2 Mt CO₂ Emissionen der Industriekraftwerke gemäß der offiziellen Landesstatistik dem Sektor Energiewirtschaft zugeordnet (AfS BBB 2021a), die nach der Logik des KSG dem Sektor Industrie zuzuordnen werden müssen und für die Zukunft auch so modelliert worden sind. Auch die Abfallverbrennung ohne energetische Auskopplung wird bisher in den historischen Daten aus pragmatischen Gründen mit im Sektor Energiewirtschaft bilanziert, sie wurde in den Modellszenarien dagegen dem KSG-Sektor Abfallwirtschaft zugeordnet (siehe Abschnitt 3.6).

Mit Blick auf die einzelnen Energieträger unterscheiden sich die Szenarien jedoch deutlicher. Unterstellt man einen gleichmäßigen EE-Zubau aus **Windkraft und PV** bis 2045, wird für die Umsetzung von **Szenario I** ein jährlicher Zubau von 330 MW Windkraft bzw. 66 neue Windkraftanlagen der 5 MW-Klasse erforderlich, der eine Aufstellfläche von rund 16,5 km² benötigt. Hinzu kommt der jährliche Zubau von 1,7 GW PV, der bei reiner Freiflächenaufstellung mit 150 MW/km² gerechnet eine zusätzliche Fläche von 11,6 km² benötigen würde, bei reiner Agri-PV ohne Berücksichtigung der Mehrfachnutzung würde sich die Aufstellfläche dagegen verfünffachen. Im **Szenario II** erhöhen sich die jährlichen Zubauraten und die jährliche benötigte Flächenbereitstellung proportional auf rund 470 MW/a Windkraft, 91 neue Windkraftanlagen der 5 MW-Klasse

⁵⁴ Verbrauch/Umwandlungseinsatz: Die CO_{2e}-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft teilen sich auf in energiebedingte Emissionen aus der Verbrennung von Energieträgern und weiteren Emissionen, die hier wegen der geringen Anteile nicht sichtbar werden. Energiebedingte Emissionen teilen sich auf in die Emissionen aus dem Umwandlungsbereich – der Wandlung von Primärenergieträger wie Gas in Strom und Fernwärme - und Emissionen aus Verbrauch und Verlust.

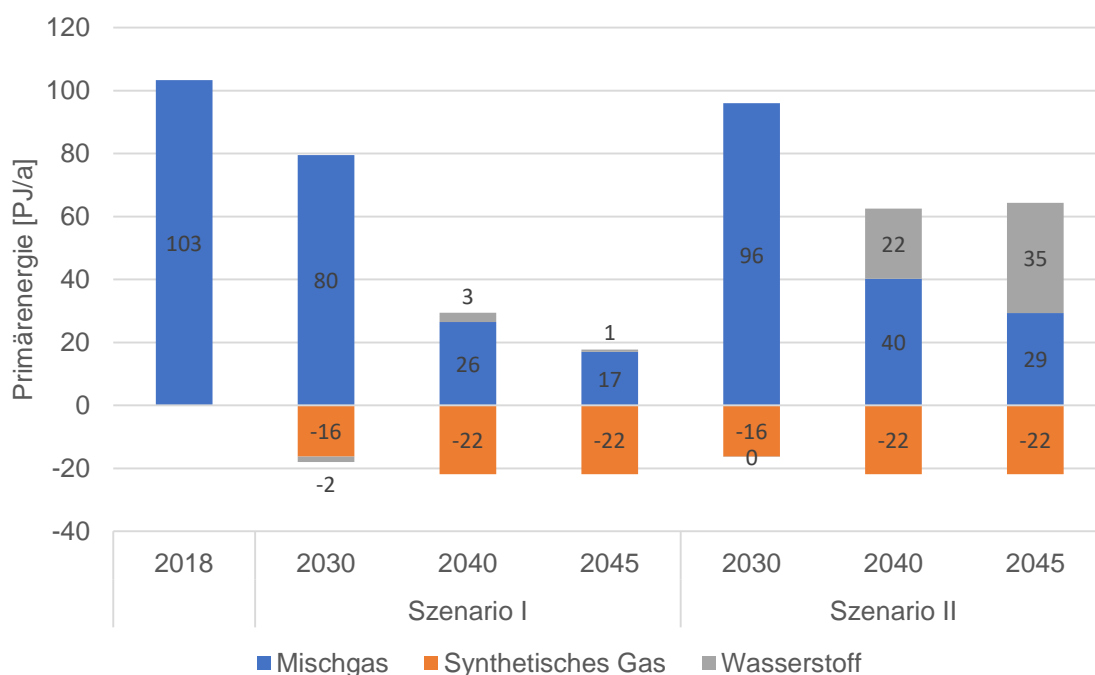
bzw. 22,8 km²/a Flächenbereitstellung für Windkraftanlagen und 2,6 GW/a mit analog 17,4 km²/a jährlicher Flächenbereitstellung für die Photovoltaik.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Szenarien ist der **Wasserstoffbedarf** und damit auch der **Anteil importierter Gase**, für den jedoch der Sektor Energiewirtschaft nicht allein verantwortlich ist. Zum einen sind am Mischgas- und Wasserstoffverbrauch auch andere Sektoren beteiligt, zum anderen werden Teile der Wasserstoffherzeugung im Sektor „Abfallwirtschaft und sonstiges“ bilanziert. Abbildung 24 zeigt die Aggregation aller Verbräuche und Erzeugungen getrennt in die unterschiedlichen gasförmigen Energieträger, wobei eine saldomäßige Erzeugung gegenüber einem Verbrauch negativ dargestellt wird⁵⁵:

- Blau: Mischgas aus dem Verteilnetz mit je nach Zeitpunkt unterschiedlichem Mischungsverhältnis (siehe Tabelle 6)
- Orange: synthetische, methanisierte EE-Gase, d. h. sowohl methanisierte Wasserstoff als auch Biomethan (mit Wasserstoff aufbereitetes Biogas und Faulgas)
- Grau: Wasserstoff, der als Saldo direkt aus dem Wasserstoffbackbone importiert (bzw. im Szenario I 2030 exportiert) wird.

Abbildung 24: Mischgas-, Synthesegas- und Wasserstoffanteile der Szenarien im Vergleich (Primärenergieverbrauch)

Quellen: Eigene Darstellung.



⁵⁵ Beispiel: Im Szenario I wird für das Jahr 2040 ein Verbrauch von 3 PJ Wasserstoff angezeigt, weil im Modell für dieses Jahr in Brandenburg der Verbrauch von Wasserstoff über alle Sektoren hinweg um 3 PJ höher liegt als die Erzeugung. Synthetisches Gas wird negativ angezeigt, weil es im Modell nur erzeugt, aber nicht verbraucht wird (Verbrauchskategorien sind nur Mischgas und Wasserstoff).

Die Abbildung zeigt zunächst den starken Rückgang des Mischgasverbrauchs Brandenburgs bis 2045 auf 17 % des Wertes von 2018 im Szenario I, im Szenario II sinkt der Mischgasverbrauch langsamer und bis 2045 nur auf 28 %. Gleichzeitig unterscheiden sich die Szenarien im Wasserstoffbedarf, der nur im Szenario II in größeren Mengen nach Brandenburg importiert werden muss. Der Anteil der in Brandenburg erzeugten synthetischen Gase wird in dieser Darstellung getrennt ausgewiesen, in der Praxis wird er dagegen direkt in das Gasnetz eingespeist.

Der Anteil u. a. des synthetischen Gases als Szenarienergebnis entspricht methodisch nicht dem angenommenen Anteil im Mischgas, daher kommt es beispielsweise zu einem virtuellen Im- bzw. Export von synthetischen Gasen. Ein vollständiges Bild zu den benötigten Im- und Exporten von Erdgas, von synthetischem Gas und von Wasserstoff ergibt sich daher erst, wenn die benötigten Mischgasanteile (siehe Tabelle 6) mit der Produktion des synthetischen Gases und dem saldier-ten Wasserstoffbedarf gemäß Abbildung 25 verrechnet werden. Der Mischgasanteil ist hierbei aufgelöst in seine Bestandteile Erdgas, Synthetisches Gas und Wasserstoff. Im Szenario I für das Jahr 2030 werden beispielsweise 2 PJ mehr Wasserstoff in Brandenburg erzeugt, als direkt ver-braucht werden (Annahme: Wasserstoff ist noch nicht im Mischgas enthalten). Von den 16 PJ Synthesegas aus Abbildung 24 wurden hingegen 8 PJ für die Herstellung des Mischgases ver-braucht, der Erdgasanteil von 80 PJ Mischgas aus Abbildung 24 sinkt damit auf 72 PJ gemäß Ab-bildung 25.

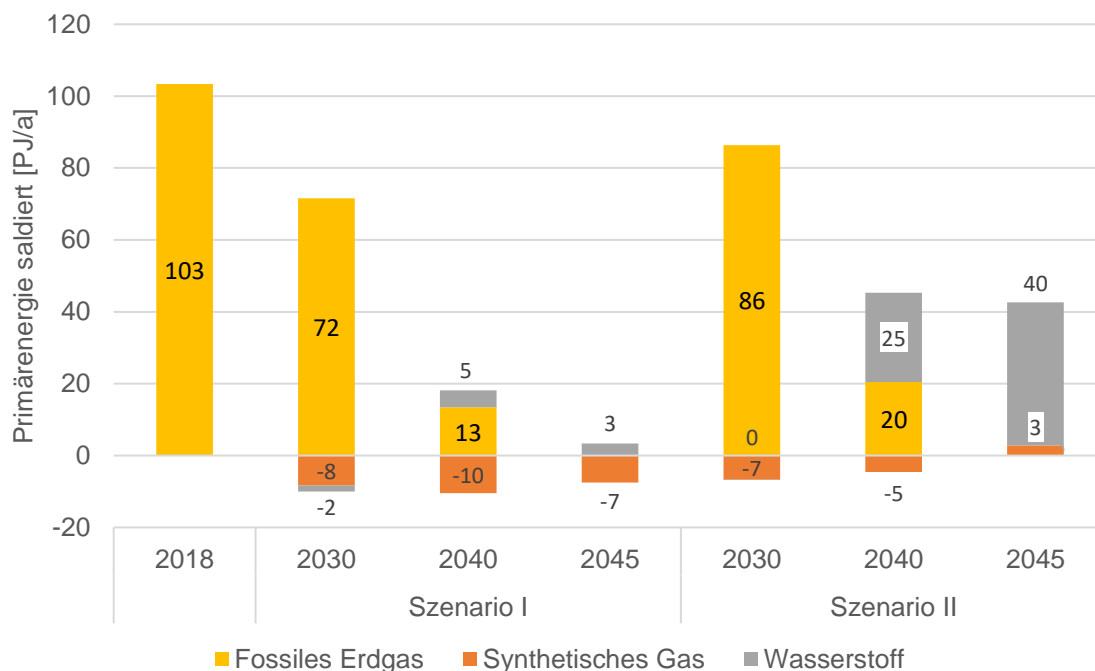
Würde in den Ferngasleitungen ein Mischgas gemäß der Annahme der Szenarien nach Branden-burg importiert, entsprächen die ausgewiesenen Anteile von Synthetischem Gas und Wasserstoff nach Abbildung 24 genau den Importen bzw. Exporten (negativ). Würde in den Ferngasleitungen dagegen reines fossiles Erdgas nach Brandenburg importiert, würde ein Teil des in Brandenburg hergestellten Synthetischen Gases und des Wasserstoffs genutzt werden müssen, um das ange-nommene Mischgas herzustellen. Die verbleibenden Anteile würden unter diesen Randbedingun-gen dem Im- und Export entsprechen.

Hierbei muss für die Jahre 2040 und 2045 berücksichtigt werden, dass ein Volumenanteil von 50 % Wasserstoff in 2045 auf Grund des unterschiedlichen Brennwertes von Methan und Was-serstoff nur einem energetischen Anteil von rund 16 % entspricht.⁵⁶

⁵⁶ Rechenbeispiel für 2045 Szenario I für Wasserstoff: $17 \text{ PJ} \cdot 16 \% + 1 \text{ PJ} = 3,7 \text{ PJ}$. Der genaue Wert beträgt ohne Rundungsfehler 3 PJ, wie in Abbildung 25 dargestellt.
Für das Synthetische Gas ergibt sich analog $17 \text{ PJ} \cdot (1 - 16 \%) - 22 \text{ PJ} = -7,7 \text{ PJ}$, ohne Rundungsfehler -7 PJ.

Abbildung 25: Verrechnete Erdgas, Synthesegas- und Wasserstoffanteile der Szenarien im Vergleich (Primärenergieverbrauch)

Quellen: Eigene Darstellung.



Im Zieljahr 2045 entsteht für das Szenario I so ein zu importierender Wasserstoffbedarf von rund 3 PJ (0,9 TWh)⁵⁷, wogegen bilanziell 7 PJ (2,1 TWh) synthetisches Gas exportiert werden können. Energetisch gesehen ist Brandenburg damit nicht mehr von Gasimporten abhängig, es verbleibt sogar ein Exportüberschuss von 4 PJ (1,1 TWh). Im Szenario II dagegen reicht das inländisch produzierte synthetische Gas nicht aus, es muss wie auch der Wasserstoff importiert werden. Energetisch betrachtet müssen insgesamt 43 PJ (11,8 TWh) importiert werden, wobei mit 40 PJ (11,1 TWh) der Wasserstoff⁵⁸ den deutlich größeren Anteil hat mit all den damit verbundenen Nachteilen wie zusätzlicher Transportbedarf, Abhängigkeit von externen Rohstoffmärkten und den global gesehen höheren Flächen- und Wasserbedarfen für die Erzeugung.

Sowohl diese Argumente als auch die zuvor diskutierten niedrigeren benötigten Ausbaugeschwindigkeiten von Photovoltaik und Windkraft im Land Brandenburg mit dem landeseigenen geringeren Flächen- und Investitionsbedarf lassen das Szenario I als realistischer und resilienter erscheinen, da das Land Brandenburg hier weitgehend auf Wasserstoffimporte verzichten, sich zudem schneller von fossilen Erdgasimporten lösen kann und nur einen vergleichsweise moderateren Ausbau von EE-Erzeugung und Netzen verantworten muss.

⁵⁷ Die Wasserstoffeigenerzeugung für die Gasnetze liegt abgeschätzt bei rund 28 PJ/a (7,8 TWh) und deckt damit rund 90 % des Bedarfes. Rund 9 % der Erzeugung wird abwärmeseitig im Fernwärme-Netz genutzt, 13 % werden über die Abfallwirtschaft generiert, der Rest von 78 % wird mittels Elektrolyse dezentral erzeugt und im Rahmen der Methanisierung von biogenem CO₂ aus Biogas- und Faulgasanlagen direkt in synthetisches EE-Gas gewandelt.

⁵⁸ Die Wasserstoffeigenerzeugung für die Gasnetze liegt abgeschätzt bei rund 30 PJ/a (8,3 TWh), was knapp die Hälfte des Bedarfes darstellt. Der Anteil mit Fernwärme-Kopplung beträgt 15 %, die Abfallwirtschaft erzeugt 12 % der Rest von 72 % wird wiederum dezentral zur Methanisierung erzeugt und genutzt.

3.3 Sektor Gebäude

Der Sektor Gebäude umfasst gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) alle Emissionen, die aus dem Brennstoffeinsatz für Wärme und Kühlung in den Gebäuden aus den Bereichen Wohnen und Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) sowie aus dem Brennstoffeinsatz für Prozesswärme- und -kälte im Bereich GHD resultieren. Außerdem gehen die dem Sektor zuordenbaren F-Gase in die Bilanz zum Sektor Gebäude ein.⁵⁹ Da im KSG eine Abgrenzung der Sektoren nach Quellprinzip erfolgt, gehen Emissionen aus der Energiebereitstellung von Strom und netzgebundener Wärme in den Sektor Energiewirtschaft ein und tauchen in der Quellenbilanz zum Sektor Gebäude nicht auf.

Da für das Monitoring nach KSG die Quellenbilanz für den Gebäudesektor entscheidend ist, wird diese als zentrales Ergebnis ausgewiesen. Die Verursacherbilanz enthält zusätzlich die Emissionen aus dem Einsatz von netzgebundener Wärme und Strom für Gebäudewärme und -kühlung, Prozesswärme und -kühlung sowie die Emissionen aus dem Stromeinsatz für Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), mechanische Energie und Beleuchtung in den Gebäuden. Da die Verursacherbilanz für zentrale Entwicklungen im Gebäudesektor aussagekräftiger und für die Ableitung von Klimaschutzmaßnahmen relevanter ist als die Quellenbilanz, wird die Verursacherbilanz für die Bereiche Raumwärme und Warmwasser von Haushalten und GHD, die die höchsten Anteile an den Emissionen im Sektor haben, zusätzlich zur Quellenbilanz in der Ergebnisdarstellung ausgewiesen. Die Annahmen zur Entwicklung von Prozesswärme und -kälte und Stromverbrauch im Bereich GHD werden im Kapitel Industrie beschrieben, (siehe Abschnitt 3.5) und nicht in diesem Gebäudekapitel, da sie vor allem von der Wirtschaftsleistung abhängen. Die Emissionen aus dem Bereich GHD sind aber dennoch in der Quellenbilanz des Gebäudesektors enthalten.

Weder in der Quellen- noch in der Verursacherbilanz wird die graue Energie berücksichtigt, da keine Lebenszyklusanalyse erfolgt. Dies bedeutet, dass die ebenfalls sehr relevanten Emissionen aus der Herstellung der Baustoffe sowie die Emissionen der Bau- und Entsorgungsphase nicht im Sektor Gebäude, sondern in den Sektoren Energie und Industrie abgebildet werden. Die Emissionen aus der Bauphase und der Herstellung (soweit diese in Brandenburg erfolgt) sind dem Sektor Industrie zugeordnet, die Entsorgung der Baustoffe der Abfallwirtschaft.

3.3.1 Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen

3.3.1.1 Abbildung des Status quo in einem energetischen Gebäudemodell

Die Entwicklung von Raumwärme und Warmwasser wurde mit einem **Gebäudemodell** ermittelt, welches mehrere Gebäudetypen (EZFH, MFH und NWG)⁶⁰ verschiedener Baualtersklassen sowie unterschiedliche Sanierungszustände berücksichtigt. Das Gebäudemodell bezieht sich bei den Wohngebäuden auf die IWU-Gebäudetypologie (Loga et al. 2015) und ordnet die in Brandenburg statistisch erfassten Wohngebäude bzw. die in den Gebäuden erfassten Wohnflächen (siehe AfS BBB 2019b; AfS BBB 2020) anhand des Baujahrs des Gebäudes und der Anzahl der Wohneinheiten den jeweils passenden IWU-Gebäudetypen zu. Für Nichtwohngebäude (NWG)

⁵⁹ Die Emissionen aus dem Militär zählen ebenfalls zu diesem Sektor. Da sie sich nicht weiter auflösen lassen, wird nicht spezifisch auf die Entwicklung in diesem Bereich eingegangen.

⁶⁰ EZFH: Ein- und Zweifamilienhäuser, MFH: Mehrfamilienhäuser, NWG: Nichtwohngebäude.

liegen keine vergleichbare Typologie und Statistik vor, weshalb auf andere Daten zurückgegriffen wurde, vor allem auf die Auswertung des IWU zu den NWG in Brandenburg (siehe (Hirschl et al. 2022) sowie IWU (2021)).

Die Annahmen zum Sanierungszustand im Status quo wurden für die **Wohngebäude** ebenfalls aus einer Studie des IWU (Cischinsky und Diefenbach 2018) übernommen, wobei die Werte für die neuen Bundesländer gewählt wurden. Die IWU-Gebäudetypologie enthält verbrauchskorrigierte Heizwärme- und Warmwasserverbräuche für unsanierte und vollsanierte Gebäude mit zwei unterschiedlichen energetischen Standards.⁶¹ Das Modernisierungspaket 1 entspricht in etwa dem aktuellen GEG-Mindeststandard, das Modernisierungspaket 2 in etwa dem KfW-Effizienzhaus-55-Standard. Ein Großteil der Sanierungen erfolgte in Brandenburg bereits in den 1990er Jahren in der Nachwendezeit (Dunkelberg und Weiß 2015; Michelsen und Ritter 2017) und damit mit einem geringeren Effizienzstandard als dem aktuell geltenden GEG-Mindeststandard. Vereinfachend wurde basierend auf Informationen zum Zeitraum der Dämmung und KfW-geförderten ambitionierten Sanierungen angenommen, dass ein Drittel der in Brandenburg bereits gedämmten Wohngebäude nach GEG-Mindeststandard gedämmt wurde, 1 bis 2 % auf ambitioniertem Niveau und der Rest mit geringerem Niveau. Für diese Sanierungen in den 1990er und 2000er Jahre wurde basierend auf Beispielrechnungen mit dem Sanierungskonfigurator (BMWK 2022f) abgeschätzt, dass der Heizenergieverbrauch um 20 % höher liegt als bei einer Sanierung nach aktuellem GEG-Mindeststandard.

Tabelle 11: Nachträgliche Wärmedämmung bei der Altbaumodernisierung (bis Baujahr 1978) in den neuen Bundesländern⁶²

Quelle: (Cischinsky und Diefenbach 2018).

Erläuterung: Die Prozentangaben geben die nachträglich gedämmte Bauteilfläche an.

	Außenwand	Dach/ Oberste Geschossdecke	Fußboden/ Kellerdecke
MFH (bis Baujahr 1978)	51,2 % +/- 5,3 %	64,4 % +/- 4,1 %	31,2 % +/- 3,9 %
Alle Wohngebäude	39,0 % +/- 3,9 %	60,1 % +/- 2,7 %	19,9 % +/- 2,0 %

Zu **NWG** liegt keine vergleichbare Typologie vor und es ist wenig zu deren Fläche, Sanierungszustand und Wärmeverbräuchen bekannt. Die Ergebnisse einer Erhebung des IWU zu NWG in Deutschland (IWU 2021) wurden speziell für Brandenburg ausgewertet. Die Fallzahl ist deshalb vergleichsweise klein. Die beheizten NWG in Brandenburg stellen demnach etwa 104,2 Mio. m²

⁶¹ Energetische Zustände, bei denen nur einzelne Bauteile gedämmt sind, wie es häufig in der Realität der Fall ist, können mit den Angaben des IWU nicht abgebildet werden. Vereinfachend wurde daher angenommen, dass der Anteil der vollsanierten Gebäude in Brandenburg dem Anteil der Gebäude entspricht, die an der Außenwand eine Dämmung aufweist. Somit wird der Anteil der an Dach bzw. oberster Geschossdecke gedämmten Gebäuden unterschätzt und der Anteil der an Fußboden und Kellerdecke gedämmten Gebäude überschätzt. Eine weitere Abweichung entsteht dadurch, dass in Cischinsky und Diefenbach (2018) die auf die Bauteilflächen bezogenen Anteile angegeben sind, das Gebäudemodell sich aber auf die Wohnfläche bezieht. In der Summe erscheint der durch die Übertragung bedingte Fehler – auch im Verhältnis zu den bestehenden Unsicherheiten und Bandbreiten, beispielsweise bei den real messbaren spezifischen Heizenergieverbräuchen, gering und hinnehmbar.

⁶² Die in der Studie des IWU (Cischinsky und Diefenbach 2018) ausgewiesenen Daten beziehen sich auf das Baujahr bis 1978, da im Jahr 1977 die Wärmeschutzverordnung in Kraft trat und die ab 1978 errichteten Gebäude daher einen geringeren spezifischen Wärmeverbrauch aufweisen.

Bruttogeschosfläche (BGF) (Standardfehler +/- 40,4 Mio. m²), die sich bei Verwendung von Umrechnungsfaktoren von BGF zu beheizter Nettogeschosfläche (NGF)⁶³ auf etwa 73,8 Mio. m² Nettogrundfläche übersetzen. Etwa 18 % der Fläche entfallen laut ALKIS-Daten⁶⁴ auf Industriegebäude, die nicht in der Bilanz des Sektors Gebäude erfasst sind, und daher herausgerechnet wurden. Nach den Daten des IWU verteilen sich die verbleibende NGF in den GHD-Gebäuden zu 57 % auf Produktions-, Werkstatt-, Lager- oder Betriebsgebäude und zu 43 % auf Verwaltungs-, Bildungs-, Kulturgebäude etc. Es wird für den Status quo davon ausgegangen, dass die beheizte NGF in diesen NWG in Brandenburg nur 50 Mio. m² beträgt (dies entspricht eher dem unteren Bereich der Standardabweichung zu den BGF aus der Auswertung des IWU), da die Endenergieverbräuche ansonsten deutlich höher sein müssten, als sie sich aus den Berechnungen basierend auf der Energie- und CO₂-Bilanz des Landes Brandenburg und der Anwendungsbilanz ergeben.

Die spezifischen Wärmeverbräuche von NWG weisen Studien und Erhebungen zufolge eine große Bandbreite und einige Unsicherheiten auf: So liegen die spezifischen Endenergieverbräuche verschiedener unsanierter Nichtwohngebäude wie Schulen, Sporthallen, Verwaltungsgebäude etc. nach Holm et al. (2020) zwischen 180 und 280 kWh/(m²a) und bei Fertigungshallen bei ca. 125 kWh/(m²a). Für Gebäudetypen wie Handel/Dienstleistung und Praxisgebäude werden in einer Studie des UBA (Bürger et al. 2017) Werte von 443 kWh/(m²a) Nutzenergiebedarf angegeben. Die spezifischen Nutzwärmeverbräuche im Gebäudemodell wurden für die unsanierten Gebäude aus der Kategorie Produktions-, Werkstatt-, Lager- oder Betriebsgebäude auf 110 kWh/(m²a) gesetzt und für die restlichen NWG auf 200 kWh/(m²a). Für die in den 1990er Jahren sanierten Werte sind 90 bzw. 130 kWh/(m²a), für die nach GEG-Standard sanierten Gebäude 78 kWh/(m²a) und für die ambitioniert sanierten Gebäude 34 kWh/(m²a) unterstellt. Die genannten Werte umfassen jeweils Heizwärme- und Warmwasserverbräuche. Für den Status quo wird auf Grundlage der IWU-Daten angenommen, dass 50 % der Gebäude bereits nachträglich energetisch saniert wurden. Darüber hinaus wurde die Annahme getroffen, dass es sich aufgrund der hohen Sanierungsraten in der Nachwendezeit zu einem Drittel um Sanierungen mit geringerem Standard aus den 1990er Jahren handelt.

Für die Berechnung des Endenergiebedarfs wird im Gebäudemodell eine Verteilung auf die verschiedenen Beheizungsarten für die Wärmeerzeugung vorgenommen. Für den Status quo wurde die **Energieträgerverteilung** bei den Wohngebäuden aus einem Abgleich der Ergebnisse des Top-Down-Ansatzes (Energie- und CO₂-Bilanz des Landes Brandenburg) und statistischen Daten, insbesondere des Mikrozensus (AfS BBB 2019b), abgeleitet (siehe Tabelle 12). Für die NWG wurde die Energieträgerverteilung aus einem Abgleich der Ergebnisse des Top-Down-Ansatzes und Informationen aus einer Studie des IWU (2021) bzw. der für Brandenburg spezifischen Auswertung dazu abgeleitet.

⁶³ Für NWG wird aus dena (2015) als Umrechnungsfaktor von BGF zu NGF ein Faktor von 0,85 und von NGF zu beheizter Nutzfläche von 1,2 übernommen.

⁶⁴ ALKIS steht für Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem.

Tabelle 12: Anteile der jeweiligen Beheizungsart (inkl. Warmwasser) im Jahr 2018, bezogen auf die beheizte Fläche

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von (AfS BBB 2019b; IWU 2021).

Energieträger	EZFH	MFH	NWG
Netzgebundene Wärme	0 %	34 %	18 %
Gas	59 %	48 %	53 %
Heizöl	21 %	9 %	22 %
Kohle	2 %	4 %	0 %
Biomasse	11 %	2 %	0 %
Wärmepumpe	4 %	1 %	0 %
Solarthermie	1 %	0 %	0 %
Strom (exkl. WP-Strom)	2 %	2 %	7 %

Die Ergebnisse zum Endenergieverbrauch des Bottom-up-Ansatzes über das Gebäudemodell wurden mit den Ergebnissen der Top-Down-Berechnung über die Energie- und CO₂-Bilanz des Landes Brandenburg und die Anwendungsbilanz abgeglichen. Die laut Energie- und CO₂-Bilanz in Brandenburg eingesetzten Biomassemengen zur Beheizung der Wohngebäude scheinen im Vergleich zu den Angaben im Mikrozensus zu hoch (Hirschl et al. 2022). Laut AfS BBB⁶⁵ soll der Biomassewert um ca. 75 % reduziert werden. Berücksichtigt man dies, so gleichen sich die Ergebnisse aus dem Bottom-up- und Top-Down-Ansatz an. Der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in 2018 liegt demnach bei 92 PJ, was den Ausgangswert für die Szenarien darstellt. Dies entspricht über alle Gebäude einem spezifischen Endenergieverbrauch von 171 kWh/(m²a) beheizter Fläche.

3.3.1.2 Übergreifende Annahmen und Restriktionen für die Szenarien

Ein wichtiger Faktor, der die Höhe der zukünftigen Wärmeverbräuche beeinflusst, ist die **Flächenentwicklung** über die Zubau- und Abrissquoten. Die Annahmen zur Entwicklung der Gebäudeflächen orientieren sich an der Bevölkerungsentwicklung (siehe Abschnitt 3.1.2). Neben der Gesamtflächenentwicklung ist für die Energieverbräuche relevant, welche Flächen abgerissen bzw. nicht mehr genutzt werden und in welchem Maß durch Neubau Flächen hinzukommen. Beide Größen wurden je Gebäudeklasse und Baualter ausgehend von den heutigen Abriss- und Neubauraten sowie vor dem Hintergrund des Flächenbedarfs abgeschätzt. Dabei werden die aktuellen Trends für unterschiedliche Gebäudetypen und Baualterklassen berücksichtigt. Aus Ressourceneffizienzgründen wird insgesamt ein deutlicher Rückgang des Neubaus angenommen. Dennoch wird davon ausgegangen, dass auch trotz zukünftig leicht zurückgehender Bevölkerung in Brandenburg im Neubau aufgrund der unterschiedlichen Bevölkerungsdynamik in den Brandenburger Gemeinden (Wachstum v. a. im Berliner Umland und entlang der Autobahn- und Bahntrassen; Schrumpfung in peripheren Gebieten) relevant ist. Zudem ist als Restriktion für die Nutzung bestehender Gebäude in allen Gemeinden davon auszugehen, dass auch zukünftig einzelne Gebäude nur schlecht zu modernisieren sind bzw. dass sich die Anforderungen an die Art der Gebäude ändert.

⁶⁵ Mündliche Mitteilung.

Für beide Szenarien ergeben sich mit den getroffenen Annahmen zu Neubau und Abriss die in Tabelle 13 dargestellten Flächenentwicklungen in Brandenburg. Die Zahlen zeigen, dass vor allem bis 2030 ein Zuwachs bei den Ein- und Zweifamilienhäusern erwartet wird, wohingegen die Flächen bei den Mehrfamilienhäusern weitgehend konstant bleiben. Dies basiert auf den aktuell vergleichsweise hohen Neubau- bzw. Abrissraten in diesen Gebäudeklassen⁶⁶. Insgesamt sind bis 2045 rund 12 % der Wohnflächen Neubauten (errichtet ab 2018), abgerissen werden bis dahin rund 5 % des heutigen Wohngebäudebestands. Bei den NWG ist die Fläche insgesamt recht konstant bis 2045. Allerdings ist hier die Dynamik bei Abriss und Neubau sehr viel größer als bei den Wohngebäuden. Ausgehend von den aktuellen Dynamiken wird hier bei einem leichten Rückgang der Abrissraten und einem deutlichen Rückgang des Neubaus bis 2045 mit einem Anteil von Neubauten (ab 2018 erbaut) von rund 17 % gerechnet, gut 15 % der heutigen Nichtwohngebäude fallen dagegen bis dahin weg.

Tabelle 13: Angenommene Flächenentwicklung in Brandenburg (Wohn- bzw. Nutzflächen) in beiden Szenarien

Quelle: Eigene Annahmen.

	Einheit	2021	2021-2030	2031-2040	2041-2045
Ein- und Zweifamilienhäuser	Mio. m ²	73	79	80	80
Mehrfamilienhäuser mit 3-6 Wohneinheiten	Mio. m ²	14	15	14	14
Mehrfamilienhäuser mit mehr als 6 Wohneinheiten	Mio. m ²	27	28	27	26
Wohngebäude gesamt	Mio. m ²	114	121	122	120
Nichtwohngebäude	Mio. m ²	50	50	50	49
Gebäude gesamt	Mio. m ²	163	171	171	170
<i>Wohnfläche pro Kopf</i>	<i>m²</i>	<i>45,0</i>	<i>47,8</i>	<i>48,2</i>	<i>47,9</i>

Bei den Annahmen zum **Neubaustandard** wurden die angekündigten Änderungen des GEG im Zuge des Koalitionsvertrages berücksichtigt, nach denen diese zum 1. Januar 2025 an den Standard des KfW-Effizienzhaus 40 angeglichen werden sollen (SPD et al. 2021). Auf dieser Grundlage wird angenommen, dass ab 2025 alle Neubauten als KfW-Effizienzhaus 40 (EH 40) oder besser errichtet werden. Zur Verteilung der Effizienzstandards liegen Informationen für das Jahr 2017 vor. In diesem wurden insgesamt 284.800 Wohnungen errichtet (Destatis 2018), davon 117.000 Wohnungen mit Förderung durch die KfW (Diefenbach et al. 2018). 59 % der Wohnungen wurden somit ohne Förderung errichtet, so dass wir davon ausgehen, dass bei diesen in der

⁶⁶ Der Trend zu einer weiteren Ausweitung der Flächen in Ein- und Zweifamilienhäusern ist in der Summe wenig nachhaltig. Deshalb wird hier perspektivisch ein deutlicher Rückgang angenommen, aber gleichzeitig davon ausgegangen, dass aufgrund einer anhaltend hohen Nachfrage in diesem Segment und der Planungs- und Bauzeiten der Neubau nur langsam reduziert wird.

Regel der energetische Standard dem Mindeststandard des GEG entspricht. Aus dem "Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ 2017“ (Diefenbach et al. 2018) lässt sich ableiten, dass von Neubauten mit Förderung 2017 80 % als EH 55 und 20 % als EH 40 oder besser errichtet wurden. Da seit Anfang 2022 die Neubauförderung des EH 55 ausgelaufen ist, ist davon auszugehen, dass bereits vor 2025 eine Verschiebung der Häufigkeit vom EH 55 zum EH 40 und besser erfolgen wird. Für den Zeitraum 2021 bis 2030 wird basierend auf diesen Informationen angenommen, dass 29 % der Wohnfläche nach GEG-Mindeststandard errichtet werden, 5 % als EH 55 und 66 % als EH 40 und besser. Danach werden ausschließlich Neubauten nach EH 40 Standard und besser errichtet.

Die **Sanierungsrate und -tiefe sind Schlüsselfaktoren** für die Entwicklung im Sektor Gebäude und ihre Entwicklung beeinflusst in hohem Maße die Höhe der zukünftigen Wärmeverbräuche. In den Szenarien „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ und „Mehr grüne Brennstoffe“ werden zur zukünftigen Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe als zentrale Schlüsselfaktoren unterschiedliche Annahmen getroffen. In beiden Szenarien wird davon ausgegangen, dass die Sanierungsraten um 0,2 Prozentpunkte pro Jahr steigen. Ein schnellerer Anstieg wird aufgrund des Fachkräftemangels, aber auch der derzeit hohen Baupreise, als unrealistisch angesehen. Für den Status quo wird von einer Sanierungsrate von 1 % ausgegangen. Diese Gesamtmodernisierungsrate, die sich auf alle Bauteilflächen bezieht, wurde durch das IWU in der Studie zum Wohngebäudebestand für 2016 ermittelt (Cischinsky und Diefenbach 2018). Für die Entwicklung seit 2016 bis heute kann von einer weitgehend konstanten Sanierungsrate ausgegangen werden (Hirschl et al. 2022). Zur Frage, welche Effizienzstandards im Falle von Sanierungen umgesetzt werden, lassen sich Informationen aus dem "Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ 2017“ (Diefenbach et al. 2018) sowie aus dem „Förderreport KfW Bankengruppe“ entnehmen (KfW 2021)⁶⁷. Aus diesen Informationen lässt sich schließen, dass aktuell etwa zwei Drittel der Sanierungen nach Mindeststandard des GEG umgesetzt werden (Fälle ohne Förderung), ca. 27 % nach Standard des EH 70 und ca. 7 % einen Standard nach EH 55 und besser erreichen. Der Koalitionsvertrag sieht vor, das GEG so anzupassen, dass ab dem 1. Januar 2024 bei Sanierungen von Bestandsgebäuden die auszutauschenden Teile dem Standard des Effizienzhauses 70 entsprechen. Dies wird für die Entwicklung ab 2024 in beiden Szenarien berücksichtigt.

Viele Annahmen zur **Wärmeerzeugung** werden in den beiden Szenarien unterschiedlich getroffen, z. B. Heizungsaustauschrate und Anteil der Erzeugungstechnologien an den neu eingebauten Heizungen. Die technischen Parameter der Heizungsanlagen wie etwa die Wirkungsgrade unterscheiden sich hingegen zwischen den Szenarien nicht. Zum Einsatz von Biomasse wurde zudem in beiden Szenarien die Annahme getroffen, dass es sich bei EZFH zu 80 % um Scheitholz und zu 20 % um Pellets handelt und bei MFH und NWG zu 100 % um Hackschnitzel.

Tabelle 14 gibt einen Überblick über die in den Szenarien getroffenen maßgeblichen Annahmen. Auf Unterschiede in den Annahmen zwischen den Szenarien wird in den folgenden Abschnitten eingegangen.

⁶⁷ Dem Förderreport zufolge wurden ca. 350.000 Wohneinheiten in 2021 mit Förderung durch die KfW energetisch saniert. Dabei handelt es sich nur zu ca. einem Viertel um Förderungen für Effizienzhäuser, das heißt um Sanierungen des gesamten Gebäudes, mehrheitlich werden also Einzelmaßnahmen mit Förderung umgesetzt. Bei den Effizienzhäusern überwiegen hohe Standards nach EH 55 und besser, bei den Einzelmaßnahmen kann davon ausgegangen werden, dass die Sanierungen zu geringeren Standards erfolgen.

Tabelle 14: Überblick über die Annahmen in den Szenarien „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ und „Mehr grüne Brennstoffe“ im Sektor Gebäude

Quelle: Eigene Annahmen.

	Szenario I Mehr Elektrifizierung und Effizienz	Szenario II Mehr grüne Brennstoffe
Wohnfläche pro Kopf	Geringer Anstieg der Wohnfläche pro Kopf bis 2030 (auf 47 m ² /EW in 2045), nach 2030 konstant	
Abriss/ Neubau	Wohngebäude: bis 2045 ca. 12 % Neubauten, Abgang von ca. 5 % des heutigen Bestands, NWG: bis 2045 17 % Neubauten, Abgang von 15 % der heutigen NWG	
Anteil KfW 40 /bzw. KfW40+ bei Neubau	Bis 2030: 29 % aktueller Mindeststandard, 5 % EH 55, 66 % EH 40, danach 100 % EH 40)	
Sanierungsrate	Steigt um 0,2 Prozentpunkte pro Jahr bis auf 2,5 % 2030, dann konstant	Steigt um 0,2 Prozentpunkte pro Jahr bis auf 2,0 % 2027, dann konstant
Sanierungstiefe	GEG-Mindeststandard / EH 70 / EH 55 u. besser (in %): 2021-2030: 26/53/21, 2031-2040: 5/20/75, 2041-2045: 5/5/90:	GEG-Mindeststandard / EH 70 / EH 55 u. besser (in %): 2021-2030: 28/58/15, 2031-2040: 5/75/20, 2041-2045: 5/65/30:
Heizungsaustauschrate	50 % der Heizungen bis 2030 und 2040 jeweils ausgetauscht, 25 % bis 2045	40 % der Heizungen bis 2030 und 2040 jeweils ausgetauscht, 20 % bis 2045
Energieträgerwechsel EFZH	Zubau von Wärmepumpen, Anteil Biomasse nimmt etwas ab, kein Mischgas ⁶⁸ /Öl in der dezentralen Wärmeversorgung in 2045	Zubau von Wärmepumpen, Anteil Biomasse bleibt konstant, noch 24 % Mischgas in der dezentralen Wärmeversorgung 2045
Energieträgerwechsel MFH	Nachverdichtung und Ausbau netzgebundener Wärme ⁶⁹ von 35 % auf 51 % in 2045, der Rest sind bivalente Systeme Strom (teils WP) für Grundlast und Mischgas für Spitzenlast	Nachverdichtung und Ausbau netzgebundener Wärme von 35 % auf 48 % ⁷⁰ , der Rest sind Gaskessel sowie bivalente Systeme Strom (teils WP) für Grundlast und Mischgas für Spitzenlast
Energieträgerwechsel NWG	Nachverdichtung und Ausbau netzgebundener Wärme von 18 % auf 43 % 2045, der Rest sind bivalente Systeme Strom	Nachverdichtung und Ausbau netzgebundener Wärme von 18 % auf

⁶⁸ Das Mischgas verändert seine Zusammensetzung über die Zeit. Im Status quo handelt es sich überwiegend um Erdgas, mit der Zeit wird immer mehr H₂ und klimaneutrales CH₄ (Biomethan, synthetisches Gas zu gemischt), bis es sich in 2045 ausschließlich klimaneutrale Gase handelt (H₂, CH₄) (siehe Kapitel 3.2).

⁶⁹ Die Zusammensetzung der netzgebundenen Wärme verändert sich beim Mischgas ebenfalls über die Zeit und erreicht im Jahr 2045 Klimaneutralität. Eine Darstellung der zeitlichen Entwicklung findet sich in Kapitel 3.2.

⁷⁰ Netzgebundene Wärme wird bei MFH in Szenario II im Falle eines Heizungsaustauschs gleich häufig eingebaut, wie in Szenario I. Da die Heizungsaustauschrate in Szenario II geringer ist, resultiert aus diesen Annahmen im Ergebnis ein geringerer Anteil netzgebundener Wärme in 2045.

	Szenario I Mehr Elektrifizierung und Effizienz	Szenario II Mehr grüne Brennstoffe
	(teils WP) für Grundlast und Mischgas für Spitzenlast	38 % ⁷¹ , der Rest sind Gaskessel sowie bivalente Systeme Strom (teils WP) für Grundlast und Mischgas für Spitzenlast
Haushalte (Stromverbrauch)	Kurzfristige, starke Durchdringung effizientester Technologie sowie suffizientes Verbraucherverhalten (-43 % Endenergieverbrauch)	Kontinuierliche, starke Durchdringung effizientester Technologie (-32 % Endenergieverbrauch)

3.3.2 Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass die Sanierungsrate von 1 % im Status quo zunächst um 0,2 % pro Jahr zunimmt, in 2030 einen Wert von 2,5 % pro Jahr erreicht und auf diesem Niveau bis 2045 verbleibt (siehe Tabelle 15). Im Mittel liegt die Sanierungsrate damit bei 2 %. Es ist dabei berücksichtigt, dass es Hemmnisse wie den Fachkräftemangel und die Baupreientwicklung gibt, die eine schnellere Steigerung der Sanierungsrate auf mehrere Prozent innerhalb weniger Jahre wie etwa von German Zero (2020) gefordert, unplausibel erscheinen lassen (Hirschl et al. 2021). Im Mittel liegt die Sanierungsrate bis 2030 deshalb nur bei 1,7 %. Dieser Wert liegt im oberen Bereich der angenommenen Sanierungsraten einer Reihe von anderen aktuellen Szenarien (dena 2021a; Prognos et al. 2021b; Steinbach et al. 2021; Burchardt et al. 2021; Luderer et al. 2021; Sterchele et al. 2020).

Ab 2030 liegen die mittleren Sanierungsraten mit 2,5 % hier eher höher als in den meisten Studien bzw. im Bereich der jeweils untersuchten Szenarien mit hohen Sanierungsraten. Luderer et al. (2021) gehen davon aus, dass wegen der Handwerkskapazitäten die Sanierungsrate nur maximal 2,5 % pro Jahr erreichen kann. Die dena (2021a) nimmt in ihrem Szenario „Hoch“ einen jährlichen Anstieg der Sanierungsrate um 0,25 % und eine Sanierungsrate von 2,4 % im Jahr 2045 an. Nach Steinbach et al. (2021) liegt im Trendszenario die Sanierungsrate 2031 – 2040 bei 2,5 %, danach steigt sie sogar auf 2,6 %. Wir sehen folgende Gründe für die Annahme einer sehr hohen Sanierungsrate ab 2030: Es wird davon ausgegangen, dass bis 2030 der Fachkräftemangel behoben werden kann. Zudem wird sowohl auf Bundes- als auch auf EU-Ebene zukünftig eine deutliche Erhöhung der Sanierungsraten angestrebt. Ab 2027 werden dabei voraussichtlich die im „Fit-for-55“-Klimapaket der EU vorgesehene Mindeststandard-Regel relevant, nach der alle drei Jahre die schlechtesten ca. 15 % der Gebäude saniert werden müssen. Und nicht zuletzt wird davon ausgegangen, dass energetische Sanierungen vor dem Hintergrund steigender Energiepreise auch für die Betroffenen zunehmend vorteilhaft sind. Basierend auf den getroffenen Annahmen würde bis 2045 rund die Hälfte aller Gebäude bzw. Bauteile zusätzlich saniert.

⁷¹ Netzgebundene Wärme wird bei NWG in Szenario II im Falle eines Heizungsaustauschs gleich häufig eingebaut, wie in Szenario I. Da die Heizungsaustauschrate in Szenario II geringer ist, resultiert aus diesen Annahmen im Ergebnis ein geringerer Anteil netzgebundener Wärme in 2045.

Tabelle 15: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“

Quelle: Eigene Annahmen.

	2021-2030	2031-2040	2041-2045
Mittlere Sanierungsrate pro Jahr	1,7 %	2,5 %	2,5 %
Anteil Sanierungen nach Mindeststandard GEG / 70 / 55 und besser	26 / 53 / 21 %	5 / 20 / 75 %	5 / 5 / 90 %

In Brandenburg wurden in den Nachwendejahren viele Gebäude (energetisch) saniert (Hirschl et al. 2022). In Szenario I gehen wir auf der Grundlage eines Sanierungszyklus von 30 bis 40 Jahren davon aus, dass diese Gebäude ab 2030 in einen nächsten Sanierungszyklus kommen. Vorher liegt der Fokus bei den Sanierungen auch angesichts des Fachkräftemangels auf den noch unsanierten Gebäuden. Der Anteil der Gebäude, die in den zweiten Sanierungszyklus kommen, an den insgesamt sanierten Gebäuden steigt stetig an und erreicht im Jahr 2045 35 %. Das heißt, etwa ein Drittel der Gebäude, die im Jahr 2045 energetisch saniert werden, wurden bereits in den 90er und 2000er Jahren saniert.

Bei der **Sanierungstiefe** wird basierend auf der Verteilung der Effizienzstandards im Status quo davon ausgegangen, dass mit der durch die Bundesregierung geplanten Einführung des Mindeststandards EH 70 ab 2024 durch attraktive Förderungen für Maßnahmen, die den Mindeststandard übertreffen, ein hoher Anteil an Gebäuden nach dem Standard EH 55 und besser saniert wird. Der Anteil steigt stetig an und erreicht im Zeitraum 2040 bis 2045 einen Wert von 90 %. In der Summe wird in diesem Szenario ein vergleichsweise hoher Rückgang des Wärmeverbrauchs um knapp 40 % erzielt.

Die theoretische **Nutzungsdauer von Heizungsanlagen** liegt bei etwa 20 Jahren (ASUE 2004). Daher wird im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ davon ausgegangen, dass innerhalb von 10 Jahren jeweils 50 % der Heizungen ausgetauscht werden, zwischen 2040 und 2045 entsprechend 25 %.

Für die neu eingebauten Heizungen wird eine **Verteilung auf die Energieträger** bzw. Technologien netzgebundenen Wärme, Gaskessel, Blockheizkraftwerke (BHKW), Wärmepumpen, Biomasse, Solarthermie und Strom angenommen. Bei der netzgebundenen Wärme wird in beiden Szenarien von einem Ausbau ausgegangen, wobei im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ im Ergebnis mehr neue Gebäude an die Fernwärme angeschlossen werden. Dies ergibt sich aus der höheren Austauschrate der Wärmeerzeuger in Szenario I. Dieses Szenario setzt außerdem einen deutlich stärkeren Schwerpunkt auf Wärmepumpen. Gerade bei den EZFH werden überwiegend Wärmepumpen eingebaut, in geringem Umfang werden EZFH an Wärmenetze angebunden. Bei den MFH und NWG liegt der Schwerpunkt zum einen auf dem Neuanschluss an Wärmenetze sowie ebenfalls dem Einbau an Wärmepumpen, teils als Hybridsystem kombiniert mit einem Gaskessel und vermehrt auch strombasierten Lösungen. Biomasse kommt bei MFH und NWG nur eine sehr geringe Bedeutung zu. Dezentrale Solarthermieanlagen können in Kombination mit Wärmepumpen, Biomasseheizungen und auch den verbleibenden Gaskesseln eingesetzt werden. Wegen der Konkurrenz mit PV spielt die Solarthermie dezentral mit 3 % am Endenergieverbrauch in 2045 jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Dem Energieträger Gas kommt als Folge der Dominanz von Wärmepumpen nur noch eine geringe Bedeutung zu. Im Ergebnis ergeben sich die in Tabelle 16 angegebenen Verteilungen auf die Beheizungsarten in 2030, 2040 und 2045. Gas meint hier Mischgas, das heißt, es handelt sich aktuell überwiegend um Erdgas,

in Zukunft aber mehr und mehr um grüne Gase bestehend aus Biogas, Wasserstoff und synthetischem Methan.

Tabelle 16: Verteilung der Energieträger für Raumwärme und Warmwasser in den Gebäudesegmenten EZFH, MFH und NWG in 2030, 2040 und 2045 im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“

Quelle: Eigene Annahmen, wegen Rundung ergibt die Summe nicht immer genau 100 %.

Energieträger	EZFH	MFH	NWG
2030			
Mischgas	36 %	31 %	31 %
Heizöl	12 %	6 %	17 %
Netzgebundene Wärme	2 %	43 %	30 %
Kohle	0 %	0 %	0 %
Biomasse	13 %	3 %	0 %
Solarthermie	2 %	0 %	0 %
Wärmepumpe	34 %	13 %	23 %
Strom (exkl. WP-Strom)	2 %	5 %	8 %
2040			
Mischgas	7 %	10 %	11 %
Heizöl	6 %	3 %	9 %
Netzgebundene Wärme	4 %	49 %	41 %
Kohle	0 %	0 %	0 %
Biomasse	10 %	3 %	0 %
Solarthermie	3 %	1 %	0 %
Wärmepumpe	68 %	28 %	39 %
Strom (exkl. WP-Strom)	2 %	7 %	9 %
2045			
Mischgas (klimaneutral)	0 %	3 %	10 %
Heizöl	0 %	0 %	0 %
Netzgebundene Wärme	5 %	51 %	43 %
Kohle	0 %	0 %	0 %
Biomasse	9 %	2 %	0 %
Solarthermie	5 %	2 %	0 %
Wärmepumpe	79 %	34 %	48 %
Strom (exkl. WP-Strom)	2 %	8 %	10 %

Die Energieverbräuche, die den privaten Haushalten im Sektor Gebäude abseits der Wärmeversorgung zugeordnet sind, beziehen sich fast ausschließlich auf Strom für die Anwendungsarten Beleuchtung, IKT, mechanische Energie, Prozesswärme, Prozesskälte sowie Klimakälte. Die geringen Anteile von Mineralölprodukten (hier: ohne Verkehr) und Mischgas (hier: überwiegend für Kochen) werden bis 2045 weitestgehend substituiert. Die Entwicklung der Endenergieverbräuche

wird auf Grundlage der Studie „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland“ (Brugger und Mandel 2021) abgeleitet. Der Endenergieverbrauch wird im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ durch eine starke Durchdringung von effizienteren Technologien bei konstanten Ausstattungsraten im Vergleich zu 2018 um 43 % reduziert (vgl. Brugger und Mandel 2021). Die Reduktion wird durch die Annahme einer größeren Verbreitung von Suffizienz und Effizienz und damit einer Reduktion des Energieverbrauchs verstärkt. Angelehnt an Brugger und Mandel (2021) steigt der Bedarf für Klimakälte, der ganz überwiegend durch Strom gedeckt wird, bei den privaten Haushalten (um 214 %, auf 393 TJ) und bei den Unternehmen aus dem Bereich GHD (um 94 %, auf 662 TJ) im Vergleich zu 2018 an. Dieser Anstieg wird durch eine stärkere Verbreitung sowie höhere Leistungsfähigkeit von Klimaanlage verursacht, aber durch die Annahme von suffizientem Verbrauchsverhalten etwas gedämpft. Insgesamt bleibt der Energieverbrauch für Klimatisierung damit immer noch gering. Die Entwicklung des Endenergieverbrauch ist in Tabelle 19 abgebildet.

Die Emissionsentwicklung ist neben dem absoluten Stromverbrauch maßgeblich vom Emissionsfaktor für Strom abhängig, welcher im Sektor Energiewirtschaft modelliert wird.

3.3.3 Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“

Im zweiten Szenario wird ebenfalls davon ausgegangen, dass die Sanierungsrate von 1 % im Status quo zunächst um 0,2 % pro Jahr zunimmt, mittelfristig wird aber nur ein geringerer Wert erreicht. So wird in 2027 eine Sanierungsrate von 2,0 % pro Jahr erreicht und verbleibt auf diesem Niveau bis 2045 (siehe Tabelle 17). Im Mittel liegt die Sanierungsrate im Zeitraum 2018 und 2045 damit bei einem moderaten Wert von 1,7 %. Die Sanierungsraten sind hier etwas geringer als im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ und liegen damit bis 2030 eher im mittleren Bereich der Sanierungsraten anderer aktueller Studien, im Zeitraum nach 2030 liegen sie eher in deren oberen Bereich. Denn auch hier wird angenommen, dass die im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ genannten äußeren Rahmenbedingungen mittelfristig zu einer Zunahme der Sanierungsrate führen. Aufgrund der existierenden Hemmnisse und unter der Annahme, dass weniger fördernde Maßnahmen ergriffen werden und die beschriebenen Restriktionen weniger effektiv gemindert werden können, wird hier aber das Niveau von 2 % pro Jahr nicht überschritten. Somit werden bis 2045 weniger als die Hälfte der Gebäude bzw. Bauteile zusätzlich saniert. Es wird auf der Grundlage eines Sanierungszyklus von 30 bis 40 Jahren davon ausgegangen, dass die Gebäude, die bereits in den ersten zehn Jahren der Nachwendezeit energetisch saniert wurden, ab 2030 erneut saniert werden. Vorher liegt der Fokus bei den Sanierungen auch angesichts des Fachkräftemangels auf den noch unsanierten Gebäuden. Es wird hier, wie im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ angenommen, dass ihr Anteil an den insgesamt sanierten Gebäuden pro Jahr im Jahr 2045 35 % erreicht. Das Szenario geht bei der Sanierungstiefe davon aus, dass mit der Einführung des Mindeststandards EH 70 ab 2024 überwiegend nach diesem Standard saniert wird. Der Anteil der Sanierungen nach Standard EH 55 und besser steigt zwar über die Jahre stetig an, bleibt aber mit 30 % im Zeitraum 2040 bis 2045 deutlich geringer als im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“.

Tabelle 17: Entwicklung der Sanierungsrate und –tiefe im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“

Quelle: Eigene Annahmen.

	2021-2030	2031-2040	2041-2045
Mittlere Sanierungsrate pro Jahr	1,6 %	2,0 %	2,0 %
Anteil Sanierungen nach Effizienzhaus 110 / 70 / 55	28 / 58 / 15 %	5 / 75 / 20 %	5 / 65 / 30 %

Im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ wird von einer geringeren Heizungs austauschquote von 40 % in 10 Jahren ausgegangen. Grund ist, dass Heizungsanlagen in der Praxis häufig länger als 20 Jahre in Gebrauch sind (z. B. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2019). Die geringere Austauschrate führt dazu, dass Gas- und Ölkessel länger genutzt werden und ihr Anteil im Energieträgermix insbesondere in 2030 dadurch höher ist.

Im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ ist sowohl der Ausbau der Fernwärme als auch – korrespondierend mit den geringeren Sanierungsraten - die Marktdurchdringung von Wärmepumpen geringer als im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“. Stattdessen spielen dezentrale Gaskessel eine größere Rolle, so dass für das Erreichen der Klimaneutralität in Zukunft größere Mengen an Biomethan, H₂ und synthetischem Methan erforderlich sind. Biomasse spielt mengenmäßig wegen des geringeren Rückgangs der Wärmeverbräuche ebenfalls eine größere Rolle.

Im Ergebnis ergeben sich die in Tabelle 18 angegebenen Verteilungen auf die Beheizungsarten in 2030, 2040 und 2045.

Die Entwicklung der Energieverbräuche bei privaten Haushalten und GHD im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ unterscheidet sich marginal von Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ (siehe Tabelle 19). Die Endenergieverbrauchsreduktion ist etwas geringer wegen einer geringeren Durchdringung effizienter Technologien sowie weniger Suffizienz-Verhalten. Der Energieverbrauch der privaten Haushalte wird somit nur um 32 % im Vergleich zu 2018 reduziert. Angelehnt an Brugger und Mandel (2021) steigt der Bedarf für Klimakälte bei den privaten Haushalten (um 246 %, auf 432 TJ) und bei Unternehmen aus dem Bereich GHD (um 104 %, auf 696 TJ) im Vergleich zu 2018 an. Die Steigerung ist hier höher als im Szenario I wegen der geringeren Durchdringung effizienter Technologien sowie weniger Suffizienz-Verhalten.

Tabelle 18: Verteilung der Energieträger für Raumwärme und Warmwasser in den Gebäudesegmenten EZFH, MFH und NWG in 2030, 2040 und 2045 im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“

Quelle: Eigene Annahmen, wegen Rundung ergibt die Summe nicht immer genau 100 %.

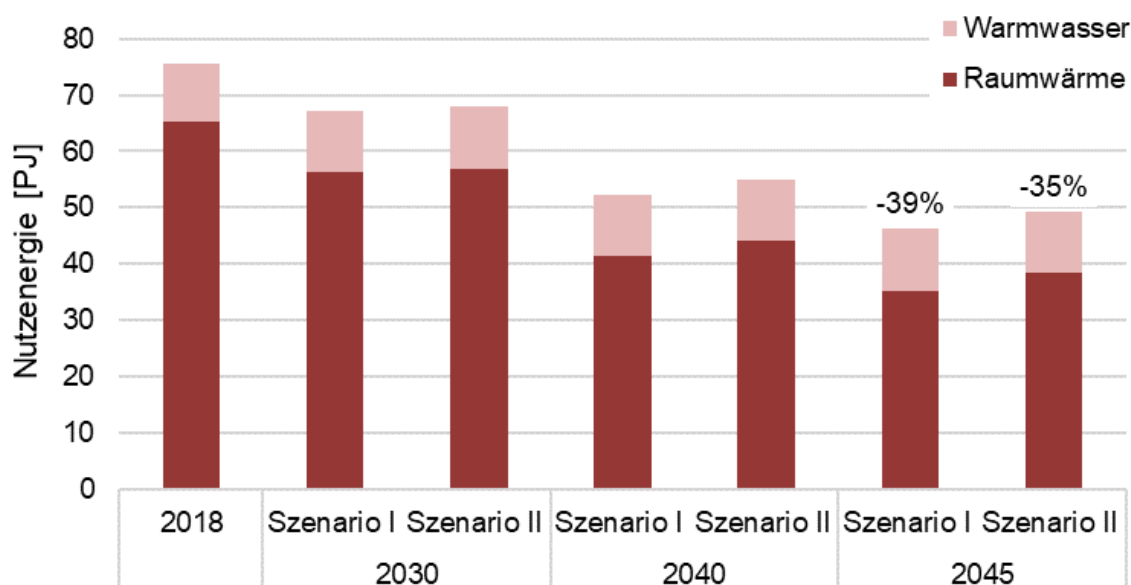
Energieträger	EZFH	MFH	NWG
2030			
Mischgas	51 %	38 %	34 %
Heizöl	13 %	7 %	20 %
Netzgebundene Wärme	0 %	42 %	28 %
Kohle	0 %	0 %	0 %
Biomasse	11 %	3 %	0 %
Solarthermie	2 %	0 %	0 %
Wärmepumpe	21 %	8 %	19 %
Strom (exkl. WP-Strom)	2 %	3 %	7 %
2040			
Mischgas	33 %	21 %	15 %
Heizöl	8 %	4 %	12 %
Netzgebundene Wärme	0 %	47 %	36 %
Kohle	0 %	0 %	0 %
Biomasse	12 %	4 %	1 %
Solarthermie	3 %	0 %	1 %
Wärmepumpe	43 %	20 %	35 %
Strom (exkl. WP-Strom)	2 %	4 %	8 %
2045			
Mischgas (klimaneutral)	24 %	20 %	24 %
Heizöl	0 %	0 %	0 %
Netzgebundene Wärme	0 %	48 %	38 %
Kohle	0 %	0 %	0 %
Biomasse	11 %	3 %	1 %
Solarthermie	3 %	1 %	1 %
Wärmepumpe	59 %	25 %	37 %
Strom (exkl. WP-Strom)	2 %	4 %	8 %

3.3.4 Vergleich und Diskussion der Szenarien

Die Entwicklung des Wärmeverbrauchs verläuft im Zeitraum bis 2030 in beiden Szenarien sehr ähnlich, da in beiden Szenarien zunächst eine im gleichen Maß ansteigende Sanierungsrate angenommen wird. Die moderat ansteigende Sanierungsrate spiegelt die Restriktionen in Bezug auf den Fachkräftebedarf, aber auch die hohen Bau(stoff-)preise (inkl. steigender Zinsen) und Lieferkettenprobleme wider. Die unterschiedlichen Sanierungsraten und -tiefen wirken sich erst im Zeitraum 2030 bis 2045 deutlicher aus. Die größeren Effizienzbemühungen im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ führen dazu, dass der Wärmeverbrauch mit einer Reduktion von fast 40 % deutlicher reduziert wird als im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ mit einem Rückgang um 35 % (Abbildung 26). Bis 2030 kann ein gezielter Fachkräfteaufbau erfolgen, so dass der aktuelle Fachkräftemangel einer konstant höheren Sanierungsrate ab diesem Zeitpunkt nicht entgegenstehen sollte. Der größere Anteil an Sanierungen auf hohem energetischem Niveau (EH 55) im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ setzt voraus, dass entweder dieser Standard perspektivisch verpflichtend wird oder es sehr gute Förderungen für hohe Sanierungsstandards gibt. Warmwasser gewinnt anteilig in beiden Szenarien in Zukunft an Bedeutung, da die Sanierung vor allem zu einer Reduktion des Heizwärmeverbrauchs führt.

Abbildung 26: Entwicklung des Raumwärme- und Warmwasserverbrauchs in PJ im Zeitraum von 2018 bis 2045 in beiden Szenarien

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung.



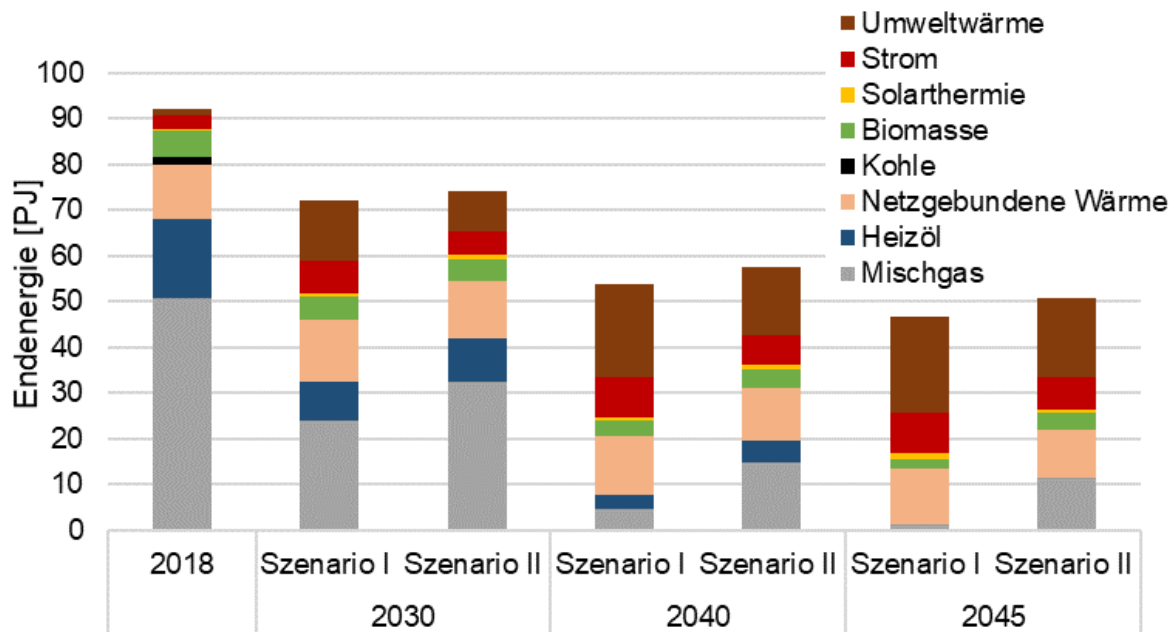
Bei der Energieträgerverteilung sind demgegenüber bereits in 2030 deutliche Unterschiede zwischen den Szenarien ersichtlich (siehe Abbildung 27). So wird in 2030 im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ deutlich mehr Endenergie aus Mischgas und Heizöl bereitgestellt. Dies ist zum einen auf die höhere Heizungs austauschrate im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ zurückzuführen und zum anderen auf die stärkere Marktdurchdringung der Wärmepumpe. Diese Unterschiede sind auch in den folgenden Jahren erkennbar. So liegt der Gaseinsatz in dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ in 2045 noch bei 23 %, während er im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ nur noch 4 % beträgt. Mischgas wird dabei vor allem in bivalenten Systemen in Kombination mit einer Wärmepumpe aber auch einem Einzelkessel, zukünftig betrieben mit grünen Gasen, eingesetzt. Zudem wird im Szenario „Mehr

grüne Brennstoffe“ etwas mehr Biomasse eingesetzt, da der Wärmeverbrauch insgesamt weniger stark zurückgeht. Der konsequentere Wechsel auf die Wärmepumpe insbesondere im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ setzt unter anderem voraus, dass der im Koalitionsvertrag angekündigte Mindestanteil an erneuerbaren Energien bei jeder neu eingebauten Heizung ab 2024 / 2025 umgesetzt wird, dass es attraktive Förderungen gibt und dass den Gebäudebesitzenden gut ausgebildete und informierte Beratende für Handwerk und Energie zur Hand stehen. Für den Ausbau der Nah- und Fernwärme sind vor allem die Kommunen im Zuge einer kommunalen Wärmeplanung gefragt, in enger Zusammenarbeit mit den Stadtwerken geeignete Ausbaubereiche zu identifizieren und in die Umsetzung zu bringen.

Abbildung 27: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in PJ von 2018 bis 2045 für Raumwärme und Warmwasser in beiden Szenarien

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung.

Erläuterung: Umweltwärme bezeichnet den Anteil der Wärme, die Wärmepumpen aus Erdwärme, Luft etc. bereitstellen. „Strom“ ist hier überwiegend der Stromverbrauch von Wärmepumpen. Hinzu kommt Strom für den Betrieb von direkten Stromheizungen und Durchlauferhitzern für die Warmwasserbereitstellung.



An dieser Stelle werden für die zentralen Bereiche Raumwärme und Warmwasser die THG-Emissionen nach Verursacherbilanz ausgewiesen, bevor auf die Quellenbilanz für den gesamten Sektor eingegangen wird. Die Quellenbilanz führt die Emissionen aus der netzgebundenen Wärme und Strom nicht im Sektor Gebäude, sondern im Sektor Energie auf. Die Darstellung der Endenergieverbräuche nach Energieträgern wirft jedoch die Frage auf, wie die zunehmenden Anteile und teils Mengen an netzgebundener Wärme und an Strom für die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung auf die CO₂-Emissionen wirken. Die Verursacherbilanz, die diese Emissionen enthält, zeigt, dass die THG-Emissionen in der Summe und auch bei der netzgebundenen Wärme und bei Strom bereits in 2030 im Vergleich zum Status quo sehr deutlich zurückgehen (siehe Abbildung 28). Dies ist auf den deutlichen Rückgang von Erdgas und Heizöl, aber auch auf die sinkenden Emissionsfaktoren der netzgebundenen Wärme und von Strom zurückzuführen. Das Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ erreicht dabei in 2030 bereits eine deutlich

höhere Reduktion der THG-Emissionen. Grund ist vor allem der geringere Erdgas- und Heizölverbrauch, was wiederum auf die höhere Heizungsaustauschrates und den konsequenteren Wechsel zur Wärmepumpe zurückzuführen ist.

Abbildung 28: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} von 2018 bis 2045 für Raumwärme und Warmwasser in beiden Szenarien nach Verursacherbilanz

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung.

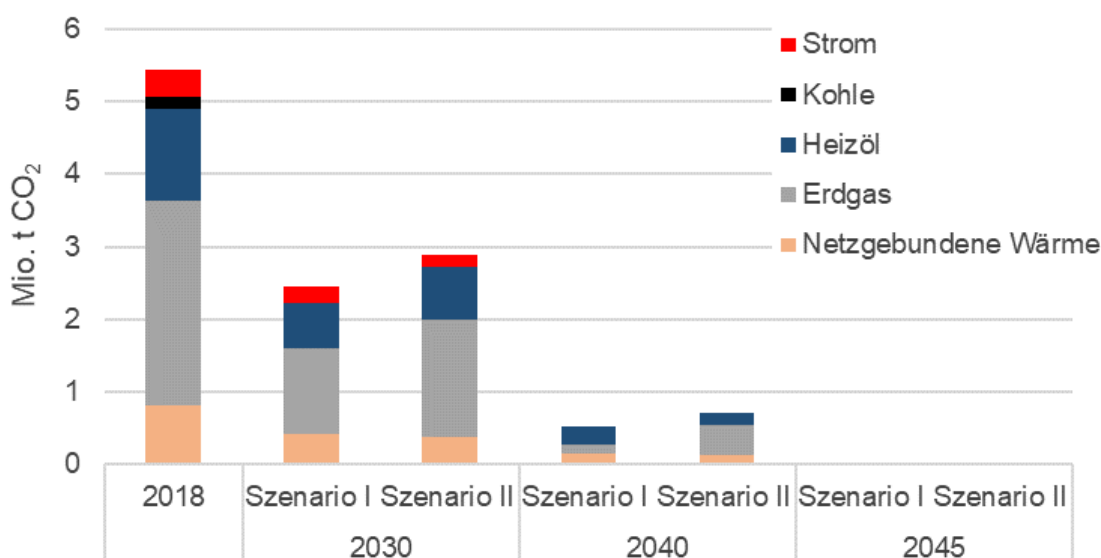


Tabelle 19 stellt ergänzend zu der bislang dargestellten Entwicklung der Endenergieverbräuche von Raumwärme und Warmwasser die Entwicklung der Endenergieverbräuche für Klimakälte in GHD und Haushalten sowie für IKT, Beleuchtung etc. der privaten Haushalte dar. Hierbei handelt es sich überwiegend um Elektrizität.

Tabelle 19: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Klimakälte und IKT, Beleuchtung etc. privater Haushalte in beiden Szenarien

Quelle: Eigene Annahmen.

Endenergieverbrauch in TJ	2018	2030	2040	2045
„Mehr Effizienz und Elektrifizierung“				
Klimakälte	466	676	870	1.055
IKT, Beleuchtung etc.	10.752	9.032	7.311	6.129
„Mehr grüne Brennstoffe“				
Klimakälte	466	676	932	1.128
IKT, Beleuchtung etc.	10.752	9.999	8.387	7.311

Tabelle 20 führt die Ergebnisse der Quellenbilanz für beide Szenarien für den Sektor Gebäude auf. Enthalten sind hier auch die Emissionen aus der Bereitstellung von Prozesswärme und -kälte im GHD-Sektor, da dies den Bilanzgrenzen nach KSG entspricht. Nicht enthalten sind die Emissionen aus Strom und Fernwärme. Die prozentualen Reduktionsraten, die sich aus dem KSG für Deutschland ergeben, werden in beiden Szenarien in Brandenburg erreicht. Dem KSG zufolge

sollen die CO₂-Emissionen im Sektor Gebäude in Deutschland im Zeitraum von 1990 bis 2030 um 68 % reduziert werden. Bis 2020 wurde bundesweit bereits eine Reduktion um knapp 44 % erreicht. Ein Großteil der Reduktionen gegenüber 1990 erfolgte sowohl im Bundesgebiet wie auch in Brandenburg, allerdings bereits im Zeitraum bis 2010 (vgl. Tabelle 20). In Brandenburg wird im Vergleich zu 2010 bis 2030 im Szenario I mit einer Reduktion um 47 % eine deutlich höhere CO₂-Einsparung erzielt als im Szenario II mit 33 %.

Tabelle 20: Quellenbilanz in Mt CO_{2e} von 2010 bis 2045 im Sektor Gebäude

Quelle: Eigene Berechnung.

	1990	2010	2020	2030	2040	2045
Szenario I (Mt CO_{2e})	11,16	3,67	3,92	1,94	0,38	0,00
Reduktion im Vergleich zu 1990		67 %	65 %	83 %	97 %	100 %
Reduktion im Vergleich zu 2010			-7 %	47 %	90 %	100 %
Szenario II (Mt CO_{2e})	11,16	3,67	3,92	2,47	0,79	0,00
Reduktion im Vergleich zu 1990		67 %	65 %	78 %	93 %	100 %
Reduktion im Vergleich zu 2010			-7 %	33 %	78 %	100 %

Ein Vergleich der beiden Szenarien zeigt, dass das Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ aus folgenden Gründen vorteilhaft ist:

- Das Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ erreicht in 2030 und 2040 eine höhere THG-Reduktion, somit ist der Beitrag zum Klimaschutz in diesem Sektor größer und andere Sektoren können unter Umständen entlastet werden.
- Ebenso erreicht das Szenario eine schnellere und zu allen Zeitpunkten eine höhere Reduktion des Gasverbrauchs. Dies ist vor dem Hintergrund der aktuellen durch die Invasion Russlands in die Ukraine ausgelösten Entwicklung des Gasmarktes als auch vor dem Hintergrund der perspektivisch geringeren Bedarfe in Brandenburg, Deutschland oder im Ausland produzierten synthetischen Brennstoffen vorteilhaft. Da die verfügbaren Mengen, die Herkunft und die mit der Produktion und Beschaffung synthetischer Gase einhergehenden Kosten mit hoher Unsicherheit behaftet sind, erscheint ein Szenario mit geringeren Gasbedarfen als resilienter und robuster.
- Gründe für den geringeren Gasbedarf sind vor allem ein stärkerer Rückgang des Heizwärmeverbrauchs wegen der höheren Sanierungsrate und –tiefe, eine höhere Heizungsaustauschrate sowie ein konsequenterer Wechsel auf die Wärmepumpen.
- Die erforderlichen Strommengen sind wegen der höheren Effizienz in diesem Szenario nur geringfügig höher als im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ (ca. 20 %). Somit sind aus den Strombedarfen des Gebäudesektors heraus keine deutlich stärkeren Hemmnisse in Bezug auf den notwendigen Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor zu erwarten als im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“.
- Ebenso ist der Biomasseeinsatz in Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ geringer, sodass die Biomasse in anderen Sektoren genutzt werden kann.
- Die Endenergieverbräuche der privaten Haushalte für Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), mechanische Energie und Beleuchtung sowie für Klimakälte sind geringer durch eine konsequentere Durchdringung von effizienten Technologien und suffizientem Verhalten.

Eine eindeutige Vorteilhaftigkeit eines Szenarios mit Blick auf die Kosten und die Wirtschaftlichkeit kann aus den Untersuchungen nicht abgeleitet werden, da keine Berechnung der Kosten erfolgte.⁷² Mit Blick auf die zu tätigen Investitionsentscheidungen stellt sich die Frage, ob umfassende energetische Sanierungen inklusive eines Wechsels zur Wärmepumpe einem Mehrverbrauch an klimaneutralen Gasen bei unsaniertem oder weniger ambitioniert saniertem Gebäudezustand vorzuziehen sind. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund von etwaigen Importen von klimaneutralen Gasen und den damit verbundenen Unsicherheiten (siehe hierzu auch Abschnitt 3.1.2). Hierzu finden sich in der Literatur unterschiedliche Aussagen (u. a. dena 2021b; dena 2017; Bründlinger et al. 2018; Bürger et al. 2017; BMWi 2015; ifeu et al. 2018; Sterchele et al. 2020). Berechnungen von Bergmann et al. (2021) zeigen, dass sich, bereits bevor die Energiepreise seit Ende 2021 deutlich anstiegen, energetische Sanierungen auf hohem Niveau (EH 55) aus Sicht von Mietenden im Vergleich zum unsanierten Zustand und zu einer energetischen Sanierung auf aktuellem GEG-Mindestniveau ökonomisch vorteilhaft darstellten. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) mit den 2021 hochgesetzten Fördersätzen durch die Vermietenden in Anspruch genommen wird und die Modernisierungsumlage entsprechend geringer ausfällt als ohne Förderung. Die zunächst hohen Investitionen in die energetische Sanierung und auch der Wechsel zur Wärmepumpe lohnen sich auf lange Sicht auch aus gesamtgesellschaftlicher Sicht unter Berücksichtigung der Kosten von Eigentümerinnen und Eigentümern und der Ausgaben der öffentlichen Hand in Form von Fördermitteln, da hohe Wärmeverbräuche insbesondere bei Einsatz synthetischer Gase jährlich mit hohen verbrauchsgebundenen Kosten einhergehen (vgl. Dunkelberg et al. 2021). Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Frage der Kostenentwicklung vor allem von Erdgas und synthetischen Gasen mit hohen Unsicherheiten behaftet ist. Das aktuell erlebte Hochschnellen der Preise für Erdgas führt dazu, dass die Folgen einer hohen Importabhängigkeit auf die Kosten und Ausgaben von Haushalten und Unternehmen sowie auf die Versorgungssicherheit mehr Aufmerksamkeit erhalten. Somit unterstreicht die Unsicherheit in Bezug auf Preisentwicklung und Verfügbarkeit synthetischer Gase das oben hergeleitete Ergebnis, dass sich aus Sicht des Sektors Gebäude das Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ als deutlich vorteilhaft und somit vorzugswürdig darstellt.

⁷² Zu grundlegenden Kostenaspekten und den Schwierigkeiten für einen richtungssicheren Vergleich siehe auch Abschnitt 3.1.2

3.4 Sektor Verkehr

Im Verkehrssektor werden gemäß des KSG alle Emissionen bilanziert, die beim Transport von Personen oder Gütern im Bundesland Brandenburg entstehen.⁷³ Hierbei werden die Treibhausgase nach der Quellbilanz bilanziert. Dies führt dazu, dass dem Verkehrssektor lediglich die Emissionen zugeschrieben werden, die mit dem Einsatz fossiler Kraftstoffe einhergehen. Emissionen, die bei der Bereitstellung von biogenen Kraftstoffen oder Strom bzw. strombasierten Kraftstoffen entstehen, werden in den Sektoren Landwirtschaft/LULUCF bzw. Energiewirtschaft geführt. Um auch die Bedarfe an diesen Energieträgern im Verkehrssektor abbilden und im Abschnitt 4.5 mit verkehrlichen Maßnahmen adressieren zu können, werden in den im Folgenden vorgestellten Szenarien ebenfalls die Energieträger nach Verursacherbilanz ausgewiesen.

3.4.1 Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen

Damit der Verkehrssektor in Richtung der Treibhausgasneutralität entwickelt werden kann, muss eine Trendumkehr des CO₂-Ausstoßes in diesem Bereich erfolgen (vgl. hierzu Zwischenbericht, Hirschl et al. 2022). Eine zentrale Annahme in beiden Szenarien ist, dass die alleinige Umstellung auf lokal emissionsfreie Antriebe nicht genügt, um den Herausforderungen der Energie- und Verkehrswende gerecht zu werden. Neben dem Verzicht auf fossile Kraftstoffe ist auch eine Minimierung der Energiebedarfe über die reine Steigerung der Effizienz von Antrieben hinaus notwendig. Dies liegt zum einen in den Herausforderungen in den Sektoren Energiewirtschaft bzw. Landwirtschaft/LULUCF begründet, die die Energieträger (Strom, strombasierte Kraftstoffe oder biogene Kraftstoffe) für den Verkehr treibhausgasneutral bereitstellen müssen und dabei z. B. in Bezug auf die Flächenverfügbarkeit Beschränkungen unterlegen sind. Zum anderen gilt es neben den Treibhausgasemissionen des laufenden Betriebs auch jene zu berücksichtigen, die mit der Herstellung von Fahrzeugen und Fahrzeugkomponenten einhergehen.⁷⁴ Hier weisen Busse und Bahnen über die Nutzungsdauer gesehen eine deutlich bessere Bilanz als der motorisierte Individualverkehr (MIV) auf.⁷⁵

Um den vorgenannten Punkten Rechnung zu tragen, ist in beiden Szenarien die Anwendung der Kernstrategien der „Verkehrsvermeidung“ und „Verkehrsverlagerung zum Umweltverbund hin“⁷⁶ vorgesehen, die zu einem deutlichen Rückgang des klassischen MIV führen. Beide Szenarien folgen dabei der übergeordneten Prämisse, dass in Brandenburg lebende Menschen, sowie Pendelnde, Tagesgäste und Touristen ihre Mobilitätsbedarfe weiter erfüllen können.

Im **Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“** liegt der Fokus auf einer möglichst direkten Nutzung des Energieträgers Strom, der wenn nötig in einer Batterie zwischengespeichert wird. Im

⁷³ Dies umfasst den Verkehr auf der Straße, auf der Schiene, zu Wasser und in der Luft. Ausgenommen davon sind landwirtschaftliche und bauliche Verkehre, die in den Sektoren Landwirtschaft bzw. Industrie bilanziert werden. In Abweichung vom KSG, wird im Rahmen dieses Gutachtens nicht nur der inländische, sondern auch der internationale Flugverkehr berücksichtigt. Siehe hierzu auch Hirschl et al. (2022).

⁷⁴ Diese Treibhausgasemissionen werden zwar nicht im Brandenburgischen Verkehrssektor bilanziert, sollen hier jedoch dennoch adressiert werden, da der Brandenburgische Verkehr ihr Verursacher ist.

⁷⁵ Allekotte et al. (2021) weisen die Klimawirkung der verschiedenen Verkehrsträger unter Berücksichtigung der Treibhausgase, die durch Fahrzeugherstellung und Bereitstellung von Infrastruktur entstehen (Lebenszyklusanalyse) aus. Dabei geben sie 194 g CO_{2e} je Personenkilometer für den Pkw-Verkehr und beispielsweise für den Nahlinienbus 89 g CO_{2e} je Personenkilometer (Datengrundlage 2017) an.

⁷⁶ Der Umweltverbund setzt sich zusammen aus dem Fuß- und Radverkehr sowie dem öffentlichen Verkehr.

Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“ werden vermehrt Energieträger wie Wasserstoff, biogene Kraftstoffe und strombasierte synthetische Kraftstoffe genutzt. Jedoch wird auch in diesem Szenario der effizienteren, direkten Stromnutzung der Vorzug gegeben. Dies gilt im besonderen Maß für den Pkw-Verkehr (für eine ausführliche Beschreibung der beiden Szenarien siehe Abschnitt 3.1.1). Für das Design des Szenario I werden zunächst nationale Verkehrsszenarien als Grundlage herangezogen, da der Verkehr nicht an den Brandenburgischen Landesgrenzen Halt macht und Insellösungen nicht ratsam sind. Dazu wurde eine Vielzahl an nationalen Studien (im Besonderen Wunsch et al. 2021; dena 2021a; BCG 2021; Luderer et al. 2021; Auf der Maur und Trachsel 2022; Sensfuß et al. 2021; NLL 2020; Purr et al. 2019) sowie Brandenburg-spezifischen Planwerken und Gutachten ausgewertet.⁷⁷

Für das Szenario I wird ein Leitszenario aus der Literatur gewählt, das mit den Szenariobeschreibungen dieses Gutachtens die größten Übereinstimmungen aufweist und einen möglichen Weg zur Treibhausgasneutralität im nationalen Verkehr bis zum Jahr 2045 beschreibt. Auf diese Weise kann eine weitgehende Konsistenz innerhalb des abgebildeten Verkehrssystems gewährleistet werden. Anschließend werden die Auswirkungen auf den Verkehr in Brandenburg anhand von Spezifika des Bundeslandes wie der Siedlungsstruktur, der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung, der prognostizierten wirtschaftlichen Entwicklung und der aktuellsten Verkehrsstatistiken abgeschätzt. Hierbei sind auch Ergebnisse von Expertinnen- und Experteninterviews mit Stakeholdern des Brandenburger Verkehrsbereiches sowie die Workshopergebnisse im Rahmen der Stakeholderbeteiligung zu dem vorliegenden Gutachten maßgeblich eingeflossen. Als Literaturleitszenario für Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ wird die Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Wunsch et al. 2021) ausgewählt, die in ihrer Grundausrichtung einen vergleichbaren Ansatz verfolgt. In dieser Studie wird ein treibhausgasneutraler Verkehr bis zum Jahr 2045 erreicht. Das Verlagerungspotenzial von Verkehren des MIV auf den Umweltverbund wird weitgehend ausgenutzt und Mobilitätsbedürfnisse bleiben gewahrt. Außerdem kommen im Straßenverkehr zu einem hohen Grad batterieelektrische Antriebe zum Einsatz.

Das **Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“** wird ausgehend von Szenario I erstellt und weist die gleichen Verkehrs- und Mobilitätsbedarfe in den einzelnen Verkehrsträgern auf. Jedoch werden hier mehr biogene und strombasierte synthetische Kraftstoffe genutzt. Um die Zusammensetzung der Antriebsarten in den einzelnen Transportmitteln zu modellieren, werden Studien herangezogen, die sowohl ein Elektrifizierungs- als auch ein H₂-/Grüne-Brennstoffe-Szenario ausweisen (Luderer et al. 2021; Sensfuß et al. 2021; Bründlinger et al. 2018). Aus den Unterschieden der Szenarien in der jeweils gleichen Studie wird anschließend der Antriebsmix in Szenario II ausgehend von Szenario I ermittelt. Tabelle 21 zeigt eine Zusammenstellung der zentralen Annahmen für beide Szenarien im Sektor Verkehr.

⁷⁷ Beispielsweise der Koalitionsvertrag der regierungsbildenden Parteien von 2019 (SPD Brandenburg et al. 2019), die Nahverkehrspläne für Brandenburg und Berlin, das Gutachten zur Überarbeitung der Mobilitätsstrategie (Perner et al. 2021) sowie das Gutachten zur Energiestrategie Brandenburg 2040 (Falkenberg et al. 2021). Hingegen lagen ein Entwurf für das Mobilitätsgesetz, die Fortschreibung der Mobilitätsstrategie (derzeit in Erarbeitung), der Nahverkehrsplan 2023 – 2027 für Brandenburg (Entwurf im Mai 2022 veröffentlicht) sowie Updates des Güterverkehrskonzepts und der Fahrradstrategie zum Zeitpunkt der Erarbeitung der Szenarien noch nicht vor und konnten nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 21: Design der Szenarien im Sektor Verkehr

Quelle: Eigene Darstellung nach Wunsch et al. (2021).

		Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“
Verkehrsaufkommen		Individuelle Mobilitätsmöglichkeiten bleiben erhalten	
		Abnahme von Dienstreisen und Zunahme von Home-office	
		Verkehrsleistung der Erwerbstätigen steigt, durch die demographische Entwicklung bleibt das Gesamtaufkommen im Personenverkehr nahezu konstant	
Umweltverbund	Rad- und Fußverkehr	Starke Zunahme von Fuß- und Radverkehr	
	Öffentlicher Verkehr	Zunahme der zurückgelegten Personenkilometer im ÖV bis 2030 um 67 %	
Motorisierter Individualverkehr	Alternative Mobilitätsformen	Verzehnfachung der Verkehrsleistung von Mobilitätsformen wie Carsharing, Ridesharing und Poolingkonzepten	
	Pkw	Keine Zulassung von Verbrennern und Plug-in-Hybriden ab 2032 im Pkw-Segment ⁷⁸	
Wirtschafts- und Güterverkehr	Güterverkehrsleistung	Wachsende Güterverkehrsleistung bis 2045 um +30 %	
	Schienengüterverkehr	Sehr starker Ausbau des Schienengüterverkehrs, Zunahme bis 2045 um +100 %	
	Straßengüterverkehr	Errichtung eines Überleitungssystems für schwere Lkw, wenn technisch notwendig	Keine Überleitungen für Lkw
Flugverkehr		Zunahme des Personenflugverkehrs bis 2040 um +1 %/a, anschließend sinkendes Flugaufkommen	
Alternative Kraftstoffe	Fossiles Erdgas	Kein Einsatz von neuen Erdgasfahrzeugen/Schiffen	Übergangsweise begrenzter Einsatz von fossilem Gas
	Biogene Kraftstoffe	Kein Einsatz von Biokraftstoffen mehr in 2045 und bis dahin kontinuierlich sinkende Bedarfe	Beimischung von Biokraftstoffen bleibt etwa auf dem Niveau von 2020
	Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe	Kaum Produktionskapazitäten von grünem Wasserstoff vor 2030	
Einsatz von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen nur dort, wo es keine technisch sinnvollen Alternativen gibt		Batterieelektrische Lösungen werden favorisiert, technologische und preisliche Entwicklung machen H ₂ und synthet. Kraftstoffe in manchen Bereichen attraktiv	

⁷⁸ Die sich abzeichnende Einigung zwischen Europäischem Rat und EU-Parlament legt ein Verbot von Neuzulassungen für Pkw mit Verbrennungsmotoren (u. U. mit Ausnahmen bei Verwendung von E-Fuels) zwar erst für das Jahr 2035 fest, jedoch wird hier von einem schnelleren Ausstieg aus der Verbrennungstechnologie ausgegangen. Darauf deuten die teilweise deutlich ambitionierteren Ziele vieler Autobauer hin.

In beiden Szenarien wirken einige Restriktionen negativ auf das Ziel ein, die Treibhausgasneutralität im Verkehr zügig zu erreichen – die folglich im Rahmen von Maßnahmen zu adressieren sind. Dies sind im Bereich der Verkehrsverlagerung vor allem die Zeiträume für Planung und Umsetzung von Infrastrukturprojekten, wie etwa der Ausbau des Bahn- und Radnetzes sowie die Beschaffung von Fahrzeugen im öffentlichen Personenverkehr. Ebenso stellt die zeitnahe Bereitstellung von ausreichenden Finanzmitteln für diese Vorhaben eine Herausforderung dar. Einer zügigen Ausweitung des Angebots im Umweltverbund steht außerdem entgegen, dass die Gewohnheiten der Verkehrsteilnehmenden oft das Verkehrsmittel bestimmen, das genutzt wird. Hierdurch entsteht eine gewisse Trägheit gegenüber einer schnellen Mobilitätswende. Ein weiteres Hemmnis für die Mobilitätswende stellt der private Besitz von Fahrzeugen dar, denn dieser erzeugt einen starken Anreiz dieses auch zu nutzen.

Für die Geschwindigkeit des Austauschs von Fahrzeugen mit herkömmlichen Verbrennungsmotor (Energiewende im Verkehr) spielt die Nutzungsdauer von Fahrzeugen eine entscheidende Rolle. Brandenburg weist im Pkw-Bestand von allen Bundesländern das zweithöchste Durchschnittsalter von Pkw mit 10,5 Jahren auf (KBA 2022). Alternative Antriebstechnologien gelangen daher verhältnismäßig langsam in den Fahrzeugbestand. Bei Nutzfahrzeugen beträgt die Nutzungsdauer je nach Fahrzeugklasse etwa acht bis zehn Jahre, für Schiffe oft mehrere Jahrzehnte.

Eine dieser Weichenstellungen für den Hochlauf von alternativen Antrieben ist die ausreichende Versorgung mit Ladeinfrastruktur bzw. Wasserstofftankstellen. Dies beinhaltet auch die Umrüstung von Betriebshöfen für die Versorgung dieser Fahrzeuge und die Bereitstellung notwendiger Strom- bzw. Tankinfrastruktur. Auch hier sind beispielsweise bei Erweiterungen des Netzanschlusspunktes oder der sicheren baulichen Ausführung von H₂-Anlagen lange Planungs- und Umsetzungszeiten zu berücksichtigen. Des Weiteren wirkt sich die begrenzte Verfügbarkeit von gleichwertigen batterieelektrischen bzw. Wasserstofffahrzeugen auf dem Markt bremsend auf die Verkehrswende aus. Dies ist vor allem in einigen Segmenten der Nutzfahrzeuge zu beobachten. In der Luft- und Schifffahrt werden Wasserstoff und strombasierte synthetische Kraftstoffe vermehrt zum Einsatz kommen müssen, um die Treibhausgasneutralität erreichen zu können. Restriktiv wirken sich hierfür allerdings die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien und die Erzeugungskapazitäten von grünem Wasserstoff sowie synthetischen Kraftstoffen aus (siehe hierzu auch Abschnitt 3.1.2).

Als eines der bundeslandspezifischen Hemmnisse der Verkehrswende sind die vom Bundesdurchschnitt abweichenden Mobilitätsanforderungen in Brandenburg als einem Flächenland. So fahren die Pkw in Brandenburg durchschnittlich über 1.000 km mehr im Jahr als im Bundesdurchschnitt (Nobis und Kuhnimhof 2018). Lange Wege in Kombination mit der teilweise ländlichen Struktur vieler Gemeinden in Brandenburg stellen eine Herausforderung bei der Umsetzung der Mobilitätswende dar. Hinzu kommt das durchschnittlich hohe Alter der Pkw in Brandenburg und die größere Rolle des Gebrauchtwagenmarkts. Beides wirkt sich erschwerend auf das Einführen von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben aus.

3.4.2 Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

Im Szenario I soll der Primärenergiebedarf in Anbetracht begrenzter Zubaupotenziale erneuerbarer Energien möglichst geringgehalten werden. Im Sektor Verkehr bedeutet dies, zunächst Verkehr zu vermeiden bzw. zu bündeln und Verkehr auf den Umweltverbund zu verlagern. Dazu werden Dienstreisen zunehmend durch Online-Formate ersetzt und wo es geht, findet verstärkt mobiles Arbeiten bzw. Heimarbeit statt. Im täglichen Verkehr gewinnen der Fuß- und Radverkehr

(Zunahme der Verkehrsleistung der Nahmobilität um 40 % bis 2030) sowie der öffentliche Personenverkehr (+67 % Verkehrsleistung bis 2030) stark an Bedeutung. Bei den Anteilen der Verkehrsträger an der Gesamtheit der zurückgelegten Wege (Modal Split) ergibt damit ein Anteil für den Umweltverbund von knapp 60 %, was dem Zielwert des Koalitionsvertrages der Landesregierung von 2019 entspricht (SPD Brandenburg et al. 2019). Im verbleibenden Pkw-Verkehr lösen Mobilitätsformen wie Carsharing, Ridesharing und Poolingkonzepte zunehmend die auf den privaten Pkw fokussierte Praxis ab.⁷⁹ Hierbei unterscheiden sich die jeweiligen Potenziale dieser alternativen Mobilitätsformen je nach Siedlungsstruktur. Im Güterverkehr gewinnt der Transport auf der Schiene an Bedeutung⁸⁰ - bei gleichzeitiger Steigerung des Gesamttransportaufkommens.

Abbildung 29: Verkehrsleistung im Personenverkehr (ohne Fuß- und Radverkehr) im Szenario I

Quelle: Eigene Darstellung.

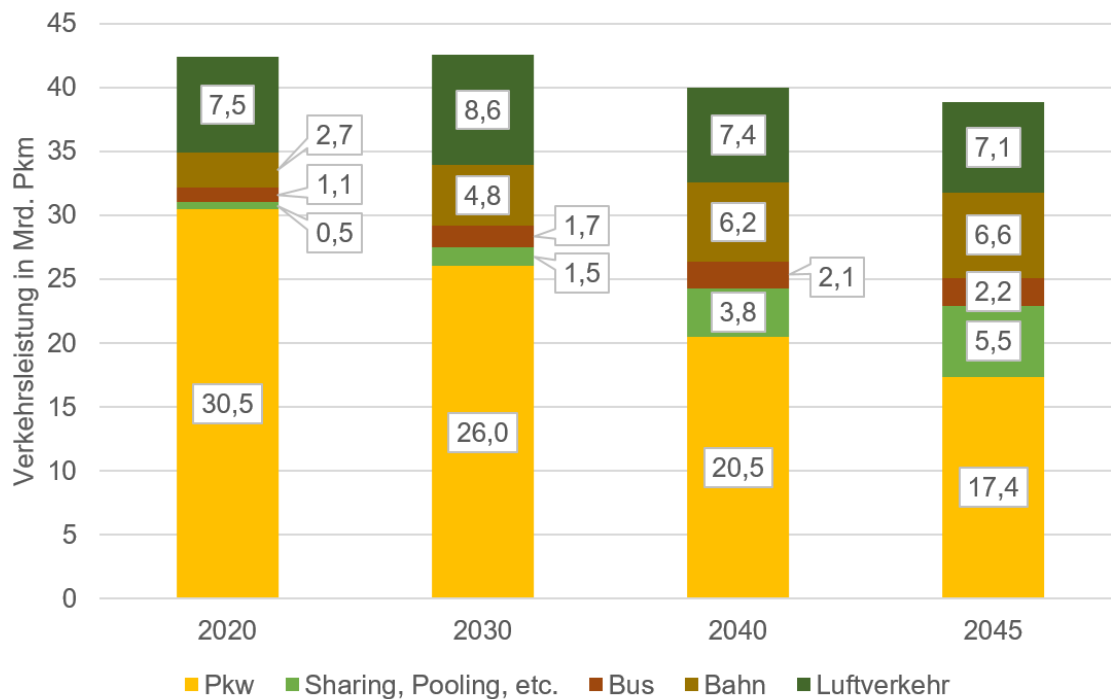


Abbildung 29 zeigt die Entwicklung der Verkehrsleistung der verschiedenen Verkehrsträger. Es lässt sich eine deutliche Abnahme des klassischen MIV um über 43 % bis zum Jahr 2045 im Vergleich zum Status Quo feststellen. Dies geschieht zu Gunsten des Umweltverbundes, in dem sich die Personenverkehrsleistung im Busverkehr bis 2045 nahezu verdoppelt und im Bahnverkehr (Nah- und Fernverkehr) um 125 % steigt. Alternative Mobilitätsformen gewinnen ebenfalls an Bedeutung und betragen 2045 rund ein Viertel des nicht-öffentlichen Verkehrs (ohne Fuß- und Rad-

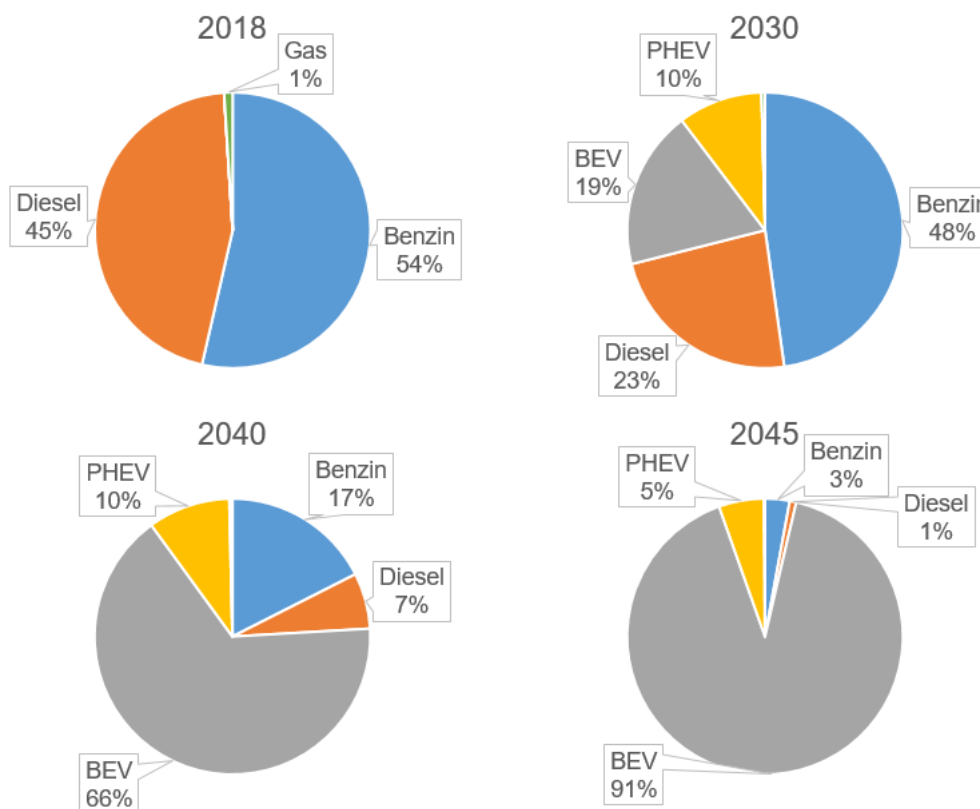
⁷⁹ Dies kann in den berlinnahen Städten und Gemeinden (inkl. Potsdam) durch eine Ausdehnung des Geschäftsberreichs der in Berlin tätigen Unternehmen geschehen. In den weiteren Landesteilen könnte kommunales Carsharing, wie es beispielsweise im Barnim (BARshare) angeboten wird, die Lücke füllen.

⁸⁰ Steigerung des Anteils des Schienengüterverkehrs an der Gesamttransportleistung von 23 % auf 31 % bis 2045.

verkehr). Der Flugverkehr nimmt bis 2030 weiter zu, jedoch mit deutlich geringeren Wachstumsraten als in der Zeit vor dem Beginn der Corona-Pandemie 2020. Anschließend wirken sich steigende Preise und bessere alternative Angebote durch die Bahn dämpfend auf die Nachfrage nach Flugverkehr aus. Die Preise steigen vor allem aufgrund der zunehmenden Beimischung von synthetischen Kraftstoffen (SAF – Sustainable Aviation Fuels), deren Bereitstellungskosten deutlich über denen heutiger fossiler Treibstoffe liegt.

Abbildung 30: Antriebsmix im Pkw-Segment im Szenario I

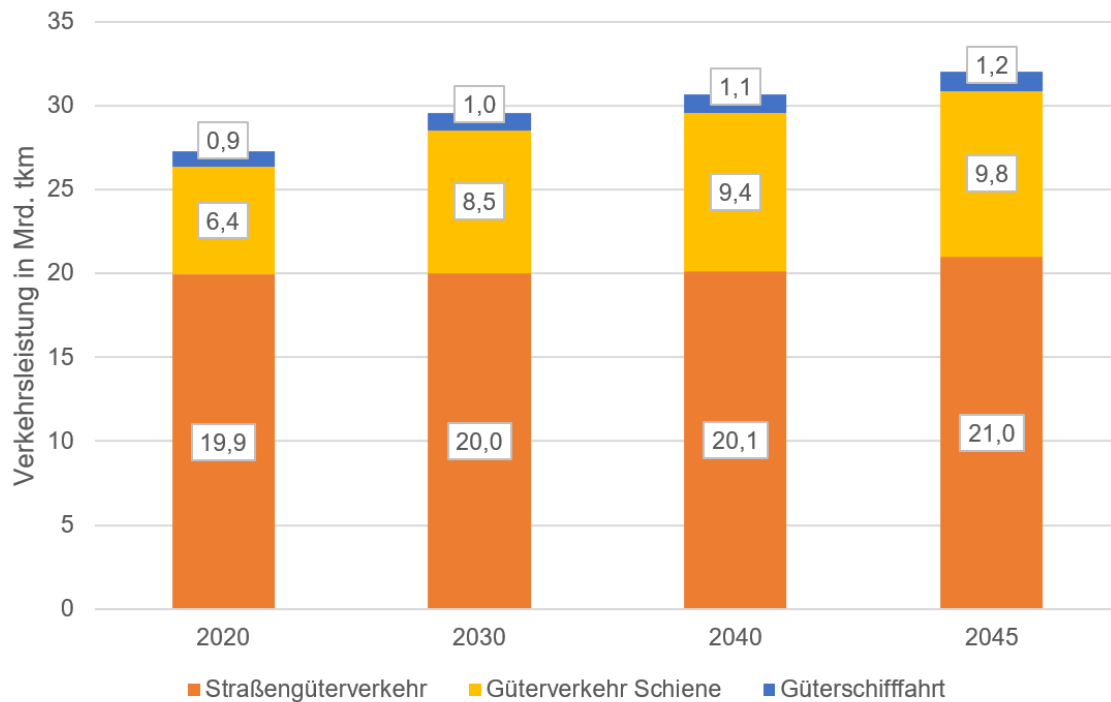
Quelle: Eigene Darstellung nach Wünsch et al. (2021).



Bereits 2030 sind knapp 30 % der Brandenburger Pkw rein batterieelektrisch oder ein Plug-In-Hybrid. Bei den herkömmlichen Verbrennern nimmt vor allem der Anteil an Dieselantrieben stark ab. Dies hängt hauptsächlich mit stärker steigenden Unterhaltskosten im Vergleich zu den Benzinern zusammen. Der Antriebsmix des Brandenburger Pkw-Bestandes im Jahr 2045 ist klar batterieelektrisch dominiert (Abbildung 30). Gemeinsam mit den Altbeständen der Plug-in-Hybride, die dann ebenfalls fast ausschließlich mit Strom fahren, umfassen sie einen Anteil von 96 % des Bestandes. Wasserstoff spielt mit 0,12 % nahezu keine Rolle. Komplettiert wird der Bestand durch rund 3,5 % herkömmliche Verbrenner, zumeist Oldtimer, die mit synthetischen Kraftstoffen betrieben werden müssen. Biogene Energieträger werden zunehmend an anderen Stellen vor allem im Energie- und Industriesektor eingesetzt, wo sie dringender benötigt werden. Außerdem bestehen in diesen Sektoren bessere Möglichkeiten den frei werdenden Kohlenstoff herauszufiltern und beispielsweise für CO₂-neutrale synthetische Kraftstoffe (CCU) zu verwenden. Bahnen und Busse werden in diesem Elektrifizierungsszenario im Jahr 2045 nahezu vollständig batterieelektrisch bzw. leitungsgebunden angetrieben.

Abbildung 31: Verkehrsträgeranteile im Gütertransport im Szenario I

Quelle: Eigene Darstellung.



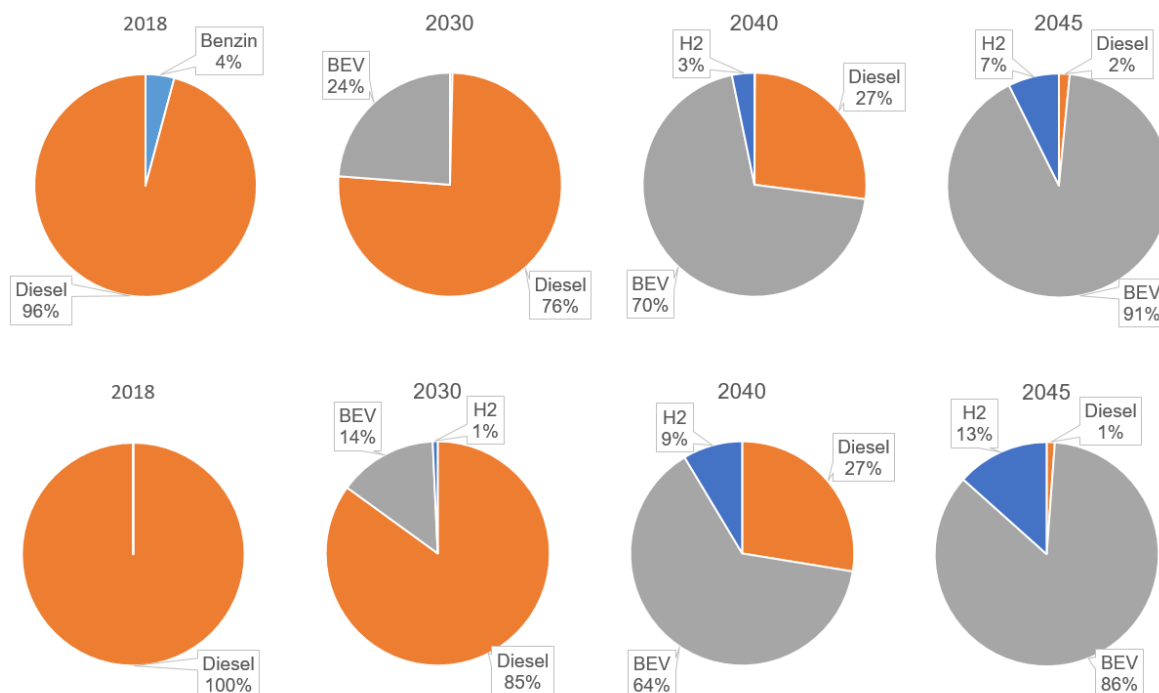
Im Güterverkehr wird insgesamt ein steigendes Verkehrsaufkommen angenommen (Abbildung 31). Dies liegt einerseits an einem steigenden Straßengüterverkehrsaufkommen für die anderen Teile Deutschlands, wovon Brandenburg durch den Transitverkehr durch das Land betroffen ist. Andererseits steigt auch die Nachfrage innerhalb Brandenburgs als Folge der prognostizierten höheren Bruttowertschöpfung für Brandenburg.⁸¹ Daraus folgt ein ebenfalls steigender Transportbedarf für alle vier Verkehrsmedien Straßen- und Schienengüterverkehr, Güterbinnenschifffahrt und Luftfracht. Hierbei gewinnt jedoch die Schiene deutlich mehr an Bedeutung. Während der Straßengüterverkehr bis 2045 um gut 5 % zulegt, steigt der Schienengüterverkehr um fast 100 %, gemessen an der Transportleistung in Tonnenkilometern.

Beim Antriebsmix im Straßengüterverkehr dominieren wie bei den Pkw die batterieelektrischen Varianten. Bei den leichten Nutzfahrzeugen (LNfz) bis zu 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht betragen die batterieelektrischen Antriebe 91 %. Im Vergleich zu den Pkw gibt es einen mit rund 7 % höheren Anteil an wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen. Dies hängt einerseits mit den teilweise höheren Ansprüchen an die Tagesfahrleistung zusammen, andererseits damit, dass die Batteriefahrzeuge aufgrund des Gewichts der Batterie geringere Nutzlasten erlauben. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den schweren Nutzfahrzeugen (SNfz) über 3,5 t Gesamtgewicht. Hier beträgt der elektrische Anteil 85 % und der Anteil der Brennstoffzellenfahrzeuge 13 %. Dieses Szenario legt den Fokus auf eine möglichst direkte Nutzung von elektrischer Energie. Dafür kann zumindest eine teilweise Ausstattung von stark befahrenen Routen (vor allem Autobahnen) mit Oberleitungen für Lkw notwendig sein.

⁸¹ Siehe Abschnitt 3.1.2.

Abbildung 32: Antriebsmix im leichten (oben) und schweren (unten) Straßengüterverkehr im Szenario I

Quelle: Eigene Darstellung nach Wunsch et al. (2021).



Für die Luftfahrt wird von einem weiteren Einsatz der herkömmlichen Verbrennungstechnologien ausgegangen. Dabei werden fossile Treibstoffe nach und nach durch synthetische, strombasierte Kraftstoffe substituiert.⁸² Dies wird durch die Verfügbarkeit von grünem Strom und grünen CO₂-Quellen sowie der Erzeugungskapazitäten von grünem Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen begrenzt. Auch für die Güterschifffahrt werden zu großen Teilen synthetische Kraftstoffe mit geringen Beimischungen von Biokraftstoffen genutzt. Wasserstoffantriebe machen rund 16 % der Antriebe des Güterverkehrs auf dem Wasser aus.

3.4.3 Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“

In Szenario II werden die gleichen Annahmen bezüglich Mobilität und Verkehr wie im ersten Szenario getroffen. Daraus folgt, dass die Mobilitätsbedarfe in Personen- und Güterverkehr (in Pkm bzw. tkm) je Verkehrsträger ebenfalls identisch sind und lediglich mit einem anderen Antriebsmix gedeckt werden.

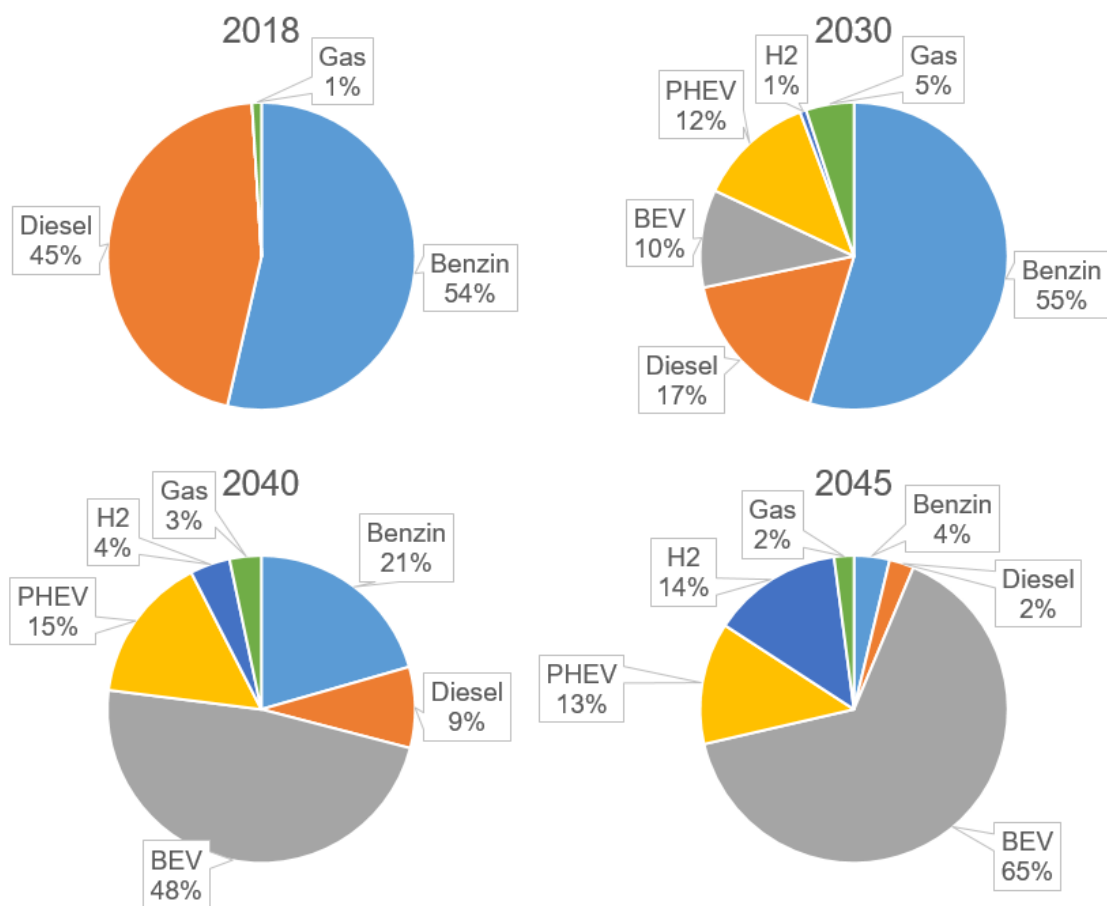
Bei den Antrieben im Pkw-Segment im Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“ weist die batterieelektrische Mobilität das größte Wachstum auf. Jedoch werden die Ziele der Bundesregierung, im Jahr 2030 mindestens 15 Mio. vollelektrische Fahrzeuge im Bestand zu haben, deutlich verfehlt. Diese Annahme deckt sich mit Studien, die dieses Ziel in Gefahr sehen (Seitz et al. 2022). Bis 2045 steigt der Anteil an vollelektrischen Pkw auf fast zwei Drittel. Gemeinsam mit den Plug-In-Hybriden machen sie gut drei Viertel des Brandenburger Pkw-Bestandes aus. Wasserstoff-Pkw sind bis 2030 nur zu einem Prozent vertreten. Dies liegt daran, dass bis dahin nur wenige Mo-

⁸² Der bei der Erstellung des Gutachtens aktuelle Stand der Regulierung des europäischen Flugverkehrs kann bei Glavak (2022) eingesehen werden.

delle und diese mit geringen Stückzahlen verfügbar sind. Bis 2045 steigt der Anteil an Wasserstoff-Pkw in diesem Szenario auf 14 % und ist vor allem für Fahrprofile mit langen Wegen relevant. Bemerkenswert ist die Entwicklung im Gassegment (Erdgas und Autogas). Hier ist zunächst ein relativ starker Anstieg bis 2030 zu verzeichnen. Diese Entwicklung steht den seit 2014 kontinuierlich sinkenden Bestandszahlen bei Gas-Pkw und der Abkehr der meisten Automobilhersteller von den Gastechnologien entgegen. Weitere Unsicherheit entsteht durch den seit Februar 2022 tobenden Krieg in der Ukraine, dessen langfristige Auswirkungen derzeit noch nicht absehbar sind. Sicher scheint nur, dass fossiles Gas in Mittel- und Osteuropa preislich nicht mehr so günstig sein wird wie vor dem Krieg.⁸³ Angesichts ebenfalls steigender Benzin- und Dieselpreise sowie einer stärkeren Bepreisung von CO₂ können Pkw mit Gasantrieben (von Werk oder umgerüstet) jedoch eine kurzfristige Alternative darstellen, zumal sie sich gut für den Einsatz von Biokraftstoffen eignen. Bis 2045 werden die Gasantriebe jedoch wieder von den dann marktreifen Wasserstofffahrzeugen verdrängt. Diesel- und Benzin-Pkw werden zunehmend seltener auf den Brandenburgischen Straßen, bis 2045 lediglich noch einige Alt-Pkw unterwegs sind, die mit synthetischen Kraftstoffen betrieben werden (Abbildung 33).

Abbildung 33: Antriebsmix im Pkw-Segment im Szenario II

Quelle: Eigene Darstellung.



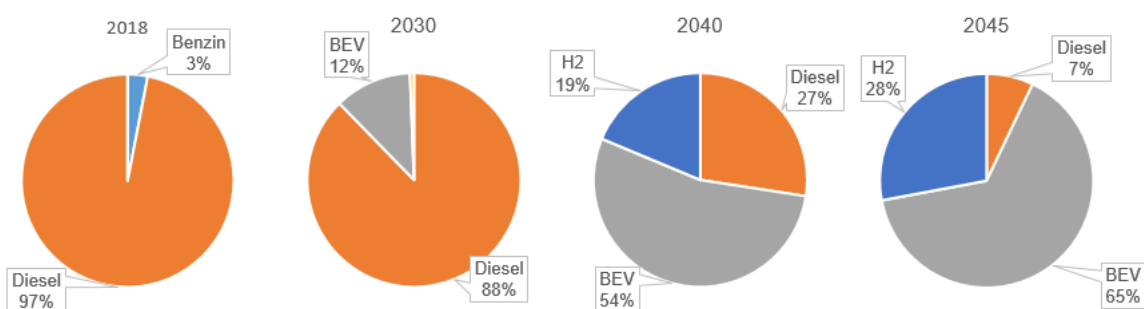
Im Straßengüterverkehr zeichnet sich im Antriebsmix ein ähnliches Bild wie bei den Pkw ab (Abbildung 34). Sowohl bei den leichten Nutzfahrzeugen (bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht) als

⁸³ Die Datengrundlage dieses Szenarios liegt in einem Zeitraum vor dem Krieg in der Ukraine.

auch beim schweren Straßengüterverkehr dominieren batterieelektrische Antriebe. Jedoch geht der Hochlauf der Elektromobilität zunächst langsamer von statten, da die entsprechenden Fahrzeugmodelle erst nach und nach verfügbar sein werden. Für die schweren Nutzfahrzeuge gilt das noch deutlich später als für die leichten. Anschließend geht der Hochlauf schneller als bei den Pkw, so dass 2040 bereits ein Anteil von 54 % erreicht wird. Ursächlich für den schnelleren Hochlauf sind die kürzeren Haltedauern der Fahrzeuge, so dass der Fuhrpark früher erneuert wird. Außerdem besteht ein höherer ökonomischer Druck, zum kostengünstigeren Energieträger Strom zu wechseln. 2045 liegt der Anteil der elektrischen Nutzfahrzeuge bei knapp zwei Dritteln. Wasserstoffantriebe setzen sich erst nach 2030 durch und steigen dann bis 2045 auf einen Anteil von 28 %. Die restlichen 7 % an Nutzfahrzeugen, die 2045 noch auf den Straßen unterwegs sind, werden mit biogenen und synthetischen Kraftstoffen betrieben.

Abbildung 34: Antriebsmix über den gesamten Straßengüterverkehr im Szenario II

Quelle: Eigene Darstellung.



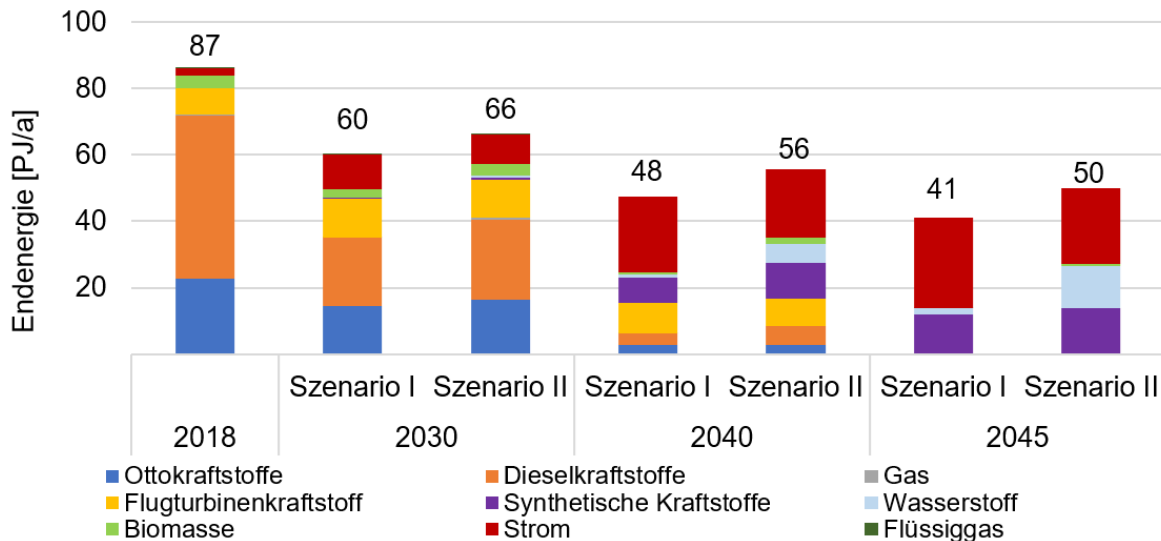
Im Luftverkehr werden die fossilen Kraftstoffe nach und nach durch strombasierte Kraftstoffe ersetzt. Hier wird von der gleichen Entwicklung wie in Szenario I ausgegangen. In der Güterschifffahrt werden im Vergleich zum Szenario I mehr biogene Kraftstoffe eingesetzt und etwas mehr Wasserstoff statt synthetischer Kraftstoffe.

3.4.4 Vergleich und Diskussion der Szenarien

Die beiden vorgestellten Szenarien erreichen das Ziel eines treibhausgasneutralen Verkehrssektors in Brandenburg bis 2045. Abbildung 35 stellt die Endenergiebedarfe im Verkehr für beide Szenarien vergleichend gegenüber.

Abbildung 35: Vergleich des Endenergieeinsatzes in den beiden Szenarien für den Verkehrssektor

Quelle: Eigene Darstellung.



Vergleich der Szenarien

In beiden Szenarien findet eine deutliche Reduktion der Energieträgerbedarfe statt. Eine zentrale Ursache hierfür ist die erfolgreiche Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung in beiden Szenarien. Diese Einsparungen der im Verkehr benötigten Energien sind notwendig, um die Bedarfe an Strom und Biomasse nicht zu groß werden zu lassen. Es wirken sich jedoch auch die vermehrte Nutzung von effizienteren Antrieben wie dem Elektromotor sowie weitere Effizienzmaßnahmen (beispielsweise Steigerung des Besetzungsgrades von Fahrzeugen oder technologische Entwicklungen) positiv aus. Allgemein lässt sich sagen, dass im ersten Szenario der Verkehrssektor mehr Strom direkt verbraucht, wohingegen im zweiten Szenario die Verbräuche von strombasierten und biogenen Kraftstoffen eine größere Relevanz haben.⁸⁴ Im Vergleich der beiden Szenarien lässt sich feststellen, dass die batterieelektrische Elektrifizierung im Pkw- und LNFz-Segment in Szenario I mit höherer Geschwindigkeit voranschreitet. In Szenario II können hingegen schon deutlich früher und im größeren Umfang fossile Treibstoffe durch Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe ersetzt werden. Die Endenergiebedarfe in Szenario II liegen durchgängig höher als in Szenario I, für 2030 um +10 %, für 2040 um +17 % und für 2045 um +21 %. Dies liegt vor allem an der hohen Effizienz von batterieelektrischen Antrieben.

⁸⁴ Die stärkere Nutzung von strombasierten Kraftstoffen im Verkehrssektor wirkt sich im Energiesektor durch deutlich steigende Primärenergiebedarfe aus.

Diskussion der Szenarien

Der Treibhausgasausstoß ist für die Jahre 2030 und 2040 im zweiten Szenario etwas höher, im Jahr 2045 haben beide Szenarien die Treibhausgasneutralität erreicht (Abbildung 36). Der Menschheit steht nur ein bestimmtes CO₂-Budget zur Verfügung, bis kritische Temperaturdifferenzen zum vorindustriellen Zeitalter erreicht werden. Aus diesem Grund ist nicht allein die Erreichung der Treibhausgasneutralität zu einem gesetzten Zielzeitpunkt relevant, sondern auch der Weg dorthin. Das Szenario II ist somit gegenüber dem Szenario I als deutlich schlechter zu bewerten, da bis 2045 insgesamt mehr Treibhausgase im Verkehr ausgestoßen werden.

Hinzu kommen beim Szenario II einige Nachteile und Risiken gegenüber dem ersten Szenario, die jedoch nur zum Teil im Verkehrssektor liegen und zum größeren Teil in den Sektoren Energie, Landwirtschaft und LULUCF zu verorten sind. Mit dem stärkeren Einsatz strombasierter Kraftstoffe wachsen auch die Bedarfe an erneuerbaren Energien. Die Herstellung solcher Kraftstoffe ist mit hohen Wirkungsgradverlusten behaftet, so dass der dadurch induzierte Zubau an Erneuerbaren-Energien-Anlagen ungleich höher ist. Außerdem führt diese stärkere Stromnachfrage auch zu mehr Treibhausgasemissionen, solange der Strom noch nicht vollständig aus CO₂-neutralen Quellen stammt. Somit findet in diesem Fall eine Verlagerung von Emissionen aus dem Verkehrssektor hin zum Energiesektor statt. Ebenso ist der vermehrte Einsatz biogener Kraftstoffe kritisch zu beurteilen. Durch den Anbau von Energiepflanzen, die derzeit zur Herstellung dieser Treibstoffe verwendet werden, entsteht eine Flächenkonkurrenz zu anderen Nutzungsarten des Bodens. Diese Nutzungsarten beinhalten den Anbau von Nahrung oder die Nutzung als natürlicher CO₂-Speicher⁸⁵, aber auch die Installation anderer erneuerbarer Energien.⁸⁶ Außerdem sollte die Nutzung von Biomasse vor allem den Sektoren Energie und Industrie vorbehalten sein, da dort weniger Alternativen verfügbar sind und das freiwerdende CO₂ gegebenenfalls wieder eingefangen und weiter genutzt oder gespeichert werden kann.

Des Weiteren ist der Weg des zweiten Szenarios auch mit einigen Risiken behaftet. Zwar gibt es eine Reihe von Studien, die einen Einsatz von strombasierten Kraftstoffen, wie er in Szenario II vorgesehen ist, als realistisch einordnen und teilweise sogar weit darüber hinaus gehen⁸⁷, jedoch gibt es auch viele Studien, die dagegen argumentieren. So geht beispielsweise Plötz (2022) davon aus, dass sich die Wasserstofftechnologie und synthetische Kraftstoffe nicht signifikant im Straßenverkehr durchsetzen werden. Er begründet dies mit den langen Hochlaufzeiten, bis Wasserstofffahrzeuge in ausreichender Zahl zur Verfügung stünden. In dieser Zeit würde der technologische Fortschritt bei den batterieelektrischen Fahrzeugen die Einführung von Wasserstofffahrzeugen weitestgehend überflüssig machen. Folgt man dieser Argumentation, sinkt die Eintrittswahrscheinlichkeit des Szenarios II deutlich.

Ein weiterer wichtiger Punkt zur Beurteilung der Szenarien sind die Kosten. Im Rahmen dieser landesspezifischen Szenarienerstellung wurden keine Betrachtungen der volkswirtschaftlichen

⁸⁵ Hinzu kommen in diesem Fall weitere positive Effekte der Renaturierung bzw. Bewahrung von Biotopen wie beispielsweise der Artenschutz.

⁸⁶ Siehe hierzu auch die Ausführungen in den Sektoren Landwirtschaft und LULUCF.

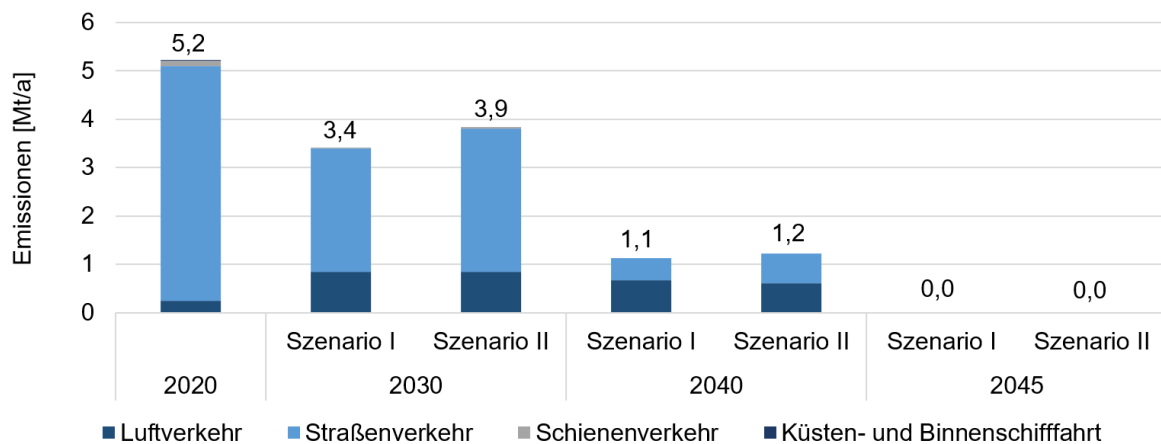
⁸⁷ Beispielsweise Sensfuß et al. (2021) in allen TN-Szenarien.

Auswirkungen vorgenommen, jedoch muss nach gegenwärtig überwiegender Einschätzung davon ausgegangen werden, dass das zweite Szenario das deutlich teurere sein dürfte.⁸⁸ Es müssten zudem erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um die Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe, die Betankungsinfrastruktur und marktreife Fahrzeugmodelle in kürzester Zeit sowie in ausreichenden Mengen zur Verfügung zu haben.

In Anbetracht der vorgenannten Punkte ist im Rahmen des Klimaplanes Brandenburg der Weg des ersten Szenarios mit effizienteren Antrieben und der verstärkten Nutzung von Strom als Energieträger zu bevorzugen, um das Ziel eines treibhausgasneutralen Verkehrs zu erreichen.

Abbildung 36: Vergleich der THG-Emissionen nach Quellbilanz in den beiden Szenarien im Verkehrssektor

Quelle: Eigene Darstellung.



Das Bundes-Klimaschutzgesetz weist für den Verkehrssektor bis zum Jahr 2030 das bundesweite Ziel einer Treibhausgasreduktion gegenüber 1990 von knapp 50 % aus. Für das Land Brandenburg würde eine Übernahme dieser prozentualen Reduktion eine vergleichsweise hohe Hürde darstellen. Dies hängt mit dem besonderen historischen Verlauf der Treibhausgasemissionen des Brandenburgischen Verkehrs zusammen. Nach der Wiedervereinigung und damit ab dem Stichtag 1990 stiegen die Emissionen von einem im Vergleich zu den alten Bundesländern niedrigen Niveau stark an. Die amtliche Statistik weist für den Verkehr in Brandenburg im Jahr 2010 ca. 65 % mehr Treibhausgasemissionen aus als noch im Jahr 1990 (AfS BBB 2021a). Im gleichen Zeitraum sind die Treibhausgasemissionen im Bundesdurchschnitt um 6 % gesunken (BMU 2021). Hinzu kommt der bilanzielle Effekt durch die Schließung des Berliner Flughafens Tegel und die Eröffnung des Flughafens Berlin-Brandenburg (BER) auf Brandenburger Territorium, der einen sprunghaften Anstieg der Brandenburgischen Emissionen im Flugverkehr zur Folge hat. Dieser Effekt ist in den amtlichen Zahlen für das Jahr 2020 noch nicht vollständig sichtbar, da der Flughafen BER erst im Oktober 2020 eröffnet wurde und das Flugaufkommen in die-

⁸⁸ Siehe hierzu exemplarisch die Einschätzung der Langfristszenarien, die im Auftrag des BMWK regelmäßig erstellt und aktualisiert werden. Hierin werden die Differenzkosten des Wasserstoffszenarios (TN-H₂-G) sowie eines mit hohen Anteilen synthetischer Brennstoffe (TN-PtG/PtL) gegenüber einem Direktstrom-dominierten Szenario (TN-Strom) verglichen – mit dem Ergebnis, dass im Wasserstoffszenario die Kosten bis 2050 ca. 250 Mrd. Euro und beim PtG/PtL-Szenario rund 350 Mrd. Euro über dem stromdominierten Szenario liegen (siehe hierzu auch Abschnitt 3.1.2).

sem Jahr aufgrund der Corona-Pandemie geringer war. Aus diesen Gründen fällt das THG-Emissionsziel im bevorzugten Szenario I für 2030 mit 3,77 Mt CO_{2e} und einer Zunahme gegenüber 1990 von 14 % deutlich geringer aus als im KSG für den bundesweiten Verkehr vorgesehen.

Tabelle 22: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Brandenburger Verkehr in beiden Szenarien

Quelle: Eigene Darstellung.

	1990	2010	2020	2030	2040	2045
Szenario I						
Emissionen [Mt CO _{2e}]	3,3	5,5	5,2	3,4	1,1	0
Veränderung ggü. 1990	-	-	+58 %	+4 %	-66 %	-100 %
Szenario II						
Emissionen [Mt CO _{2e}]	3,3	5,5	5,2	3,9	1,2	0
Reduktion zu 1990	-	-	+58 %	+17 %	-63 %	-100 %

Zu den hier bilanzierten Treibhausgasen kommen noch weitere Treibhauseffekte, die durch den Verkehr verursacht werden, wie zum Beispiel vorgelagerte THG-Emissionen, die bei der Fertigung von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen entstehen. Dies gilt auch für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben. Diese Emissionen werden in den Industriesektoren des jeweiligen (Bundes-)Landes bilanziert, in dem die Fahrzeuge oder Fahrzeugteile hergestellt werden. Wirksame Maßnahmen zur Senkung dieser Emissionen müssen jedoch vor allem das verursachende Handlungsfeld „Verkehr und Mobilität“ adressieren. Hier sind als wichtigste Maßnahmen die Verkehrsvermeidung und die Verkehrsverlagerung auf den Umweltverbund zu nennen, um den Bedarf an Fahrzeugen und sämtliche damit in Verbindung stehende Emissionen zu reduzieren.

Eine weitere Treibhauswirkung des Verkehrs sind die nicht-CO₂-bedingten Treibhauseffekte des Flugverkehrs.⁸⁹ Diese können durch den Einsatz von strombasierten Kraftstoffen in Flugzeugen etwas verringert werden, da diese eine höhere Reinheit als herkömmliche fossile Kraftstoffe haben. Jedoch wird der Flugverkehr auch nach vollständiger Substitution von fossilen Kraftstoffen nicht klimaneutral sein. Diese Klimawirkung muss durch technische oder natürliche THG-Senken ausgeglichen werden. Da die Kapazität dieser Senken begrenzt sein wird, muss auch das Flugverkehrsaufkommen reduziert werden.

⁸⁹ Die nicht-CO₂-Effekte (bspw. durch Wolkenbildung) übersteigen die CO₂-Effekte um das Drei- bis Fünffache (UBA 2012).

3.5 Sektor Industrie

3.5.1 Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen

Die Brandenburger Wirtschaft steht durch die heterogene Branchenstruktur mit energieintensiven Industrien, einem ausgeprägten Umfeld kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) überwiegend aus dem Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) auf dem Weg zur Klimaneutralität verschiedensten Herausforderungen gegenüber. Im Vordergrund stehen hierbei neben den Transformationspfaden in der Stahl-, Zement- und Chemieindustrie vor allem auch spezifische Lösungen und Unterstützungsstrukturen für KMU sowie den Bereich GHD.⁹⁰ Eine übergeordnete Rolle spielt die Integration von bzw. Transformation zur Bioökonomie sowie zur Kreislaufwirtschaft, wobei letztere im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges bzw. im Handlungsfeld Abfall und Kreislaufwirtschaft adressiert wird.

Szenariodesign und zentrale Annahmen

Die Entwicklung der Szenarien einer klimaneutralen Industrie in Brandenburg sowie die Identifikation von Restriktionen basiert maßgeblich auf einer Metaanalyse von deutschlandweiten und Brandenburg-spezifischen Studien.⁹¹ Die Ergebnisse der Metaanalyse wurden auf die Brandenburger Wirtschaft übertragen und interpretiert. Darüber hinaus wurden Brandenburger Stakeholder durch unterschiedliche Beteiligungsformate und Fachgespräche in den Entwicklungsprozess eingebunden sowie aktuelle Entwicklungen berücksichtigt.⁹² Tabelle 23 beschreibt das Szenariodesign in den Parameterausprägungen in den beiden Szenarien für den Sektor Industrie sowie den Bereich GHD im Überblick.⁹³

Tabelle 23: Szenariodesign – KSG-Sektor Industrie und GHD

Quelle: Eigene Darstellung.

	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“
Produktionsmengen	Produktionsmengen von Stahl- und Zementindustrie betragen 2045 noch 85 bzw. 80 % vom Ausgangsniveau (2018). Die Klinkerproduktion sinkt auf 55 %.	Produktionsmengen von Stahl- und Zementindustrie betragen 2045 noch 89 bzw. 94 % vom Ausgangsniveau (2018) mit verzögerter Reduktion ab 2030. Die Klinkerproduktion sinkt auf 65 %.

⁹⁰ Aufgrund der inhaltlichen Nähe wird die Entwicklung des Bereichs GHD in diesem Kapitel dargestellt, obgleich die Emissionen gemäß der KSG-Zuteilung bilanziell dem Sektor Gebäude zugeschlagen sind (ausführlicher zur Sektorstruktur siehe Zwischenbericht, Hirschl et al. 2022).

⁹¹ Hierzu wurden maßgebliche Studien der letzten Jahre ausgewertet (Fleiter et al. 2021; Robinius et al. 2020; Gerbert et al. 2018; Burchardt et al. 2021; Luderer et al. 2021; Prognos et al. 2021b; Joas et al. 2019; dena 2021a; Falkenberg et al. 2021).

⁹² Beispielsweise die Entwicklung der Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebenen sowie Vorhaben einzelner Unternehmen.

⁹³ Aufgrund der inhaltlichen Nähe wird die Entwicklung des Bereichs GHD ohne Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte hier im Sektor Industrie dargestellt (wie auch im Zwischenbericht), obgleich die Emissionen aus GHD gemäß der KSG-Zuteilung bilanziell komplett dem Sektor Gebäude zugeschlagen sind.

		Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“
Energieeffizienz	Energieintensive Industrie	Annahme, dass Implementationsgrad von Effizienzmaßnahmen in aktuellen Prozessen bereits hoch ist. Zusätzliche Effizienzpotenziale ergeben sich v. a. durch Prozessumstellungen (z. B. H ₂ -Direktreduktion in der Stahlproduktion).	
	Sonstige Industrie	Sehr hohes Effizienzpotenzial wird kurzfristig ausgeschöpft (-36 %).	Hohes Effizienzpotenzial wird kontinuierlich ausgeschöpft (-25 %).
Energiebedingte Emissionen	Allgemein	In Brandenburg sind die meisten Anwendungsarten bereits jetzt (fast) vollständig elektrifiziert. Fossile Energieträger werden v. a. für die Bereitstellung von Prozesswärme und in Industriekraftwerken verwendet.	
	Prozesswärme	Starke Elektrifizierung mit Einbindung von Umweltwärme, Fernwärme sowie geringen Anteilen von Biomasse und Wasserstoff.	Elektrifizierung und Wasserstoff-Nutzung sowie Mix verschiedener Energieträger (Fernwärme, Umweltwärme, Biomasse, Abfall, synthetische Kraftstoffe).
	Industriekraftwerke ⁹⁴	KWK-Kraftwerke und v. a. Spitzenlast-KW auf Basis von Biomasse, Mischgas, Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen setzen sich durch. Gesamtleistung und -produktion der KWK abnehmend, da Industrie verstärkt PPAs ⁹⁵ zur Strombeschaffung abschließt und Prozesswärme elektrifiziert.	
Prozessbedingte Emissionen	Allgemein	Priorisierung von Reduktion und Vermeidung der Prozessemissionen. Verbleibende Emissionen werden durch CCU-Technologien verarbeitet und zur Not durch CCS-Technologie gespeichert. ⁹⁶	
	Stahlindustrie	Ab 2030 zu 100 % Elektrostahl mit anteiliger H ₂ -Direktreduktion sowie vollständig elektrischem Betrieb der Elektrolichtbogenöfen.	Ab 2030 zu 100 % Elektrostahl mit anteiliger H ₂ -Direktreduktion sowie anteilig chemischem Betrieb (33 %) der Elektrolichtbogenöfen.
	Zementindustrie	CCU für Restemissionen, ggf. CCS	
	Sonstige Industrie	CCU für Restemissionen, ggf. CCS	

⁹⁴ Industriekraftwerke werden hier als Kraftwerke definiert, die zur Umwandlung von Energie in der Industrie betrieben werden. Hierbei kann die Energie vollständig vom Industriebetrieb genutzt werden, aber auch teilweise in öffentliche Netze eingespeist werden. Siehe hierzu auch Hirschl et al. (2022).

⁹⁵ Power Purchase Agreements (PPA) sind meist langfristige, bilaterale Stromlieferverträge zwischen zwei Parteien. Im Vertrag werden unter anderem die zu liefernde Strommenge, Preiskonditionen, Abwicklung und Vertragsstrafen geregelt (NextKraftwerke 2018).

⁹⁶ „Die Abscheidung von CO₂ und dessen anschließende Nutzung (engl. Carbon Capture and Utilization, CCU) bzw. dessen sichere und dauerhafte Speicherung in tiefliegenden geologischen Gesteinsschichten (engl. Carbon Capture and Storage, CCS) stellen Optionen dar, mit Hilfe derer der Ausstoß von schwer vermeidbaren Prozessemissionen der Industrie zukünftig reduziert werden kann“ (Hirschl et al. 2022).

	Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“
Bioökonomie	Stärkere Durchdringung von Produkten und Geschäftsmodellen der Bioökonomie (siehe auch Abschnitt 3.1.2 und 4.9.7).	
GHD	Sehr hohes Effizienzpotenzial wird kurzfristig ausgeschöpft (-43 %). Starke Elektrifizierung von Prozesswärme und mechanischer Energie.	Hohes Effizienzpotenzial wird kontinuierlich ausgeschöpft (-34 %). Starke Elektrifizierung von Prozesswärme und mechanischer Energie (geringer Anteil synthetischer Kraftstoffe).

Das Szenariodesign wird im Folgenden durch verschiedene Indikatoren spezifiziert und quantifiziert. Während die Beschreibung der Indikatoren, die sich in beiden Szenarien einheitlich entwickeln, in Tabelle 24 dargestellt sind, werden die Szenario-spezifischen Entwicklungen der Indikatoren in den jeweiligen Abschnitt 3.5.2 und 3.5.3 erläutert.

Tabelle 24: Allgemeine Indikatoren – KSG-Sektor Industrie und GHD

Quelle: Eigene Darstellung.

	2018	2030	2040	2045
Bruttowertschöpfung (Index)	100	122	128	132
Entkopplung BWS und EEV ⁹⁷	-	0,5	0,4	0,1
Industrie – EEV Neuansiedlung ⁹⁸	-	+3,9 PJ/a	+6,3 PJ/a	-
Industriekraftwerke	-		Modellierung anhand der Entwicklung des Energieträger-Mix für den Sektor Industrie	
GHD – EEV Neuansiedlung	-	+2,7 PJ/a	+2,7 PJ/a	-

Die Entwicklung der Brandenburger Wirtschaft⁹⁹ wird in den Szenarien an dieser Stelle durch vier Indikatoren beschrieben. Die **BWS** entwickelt sich wie in Abschnitt 3.1.2 dargestellt in beiden Szenarien gleich, wobei die Veränderung der Branchenstruktur hin zu energieeffizienteren Unternehmen zu einer beginnenden **Entkopplung von BWS und Endenergieverbrauch** führt. Diese Entkopplung wird für die nicht detailliert abbildbaren Wirtschaftszweige unter „sonstige Industrie“ und den Bereich GHD durch einen entsprechenden Faktor berücksichtigt. Für die Stahl- und Zementindustrie kann aufgrund der besseren Datenbasis die **Produktionsmenge** als Indikator herangezogen werden, welche in den Szenarien variiert und gesondert ausgewiesen wird. Zuletzt

⁹⁷ Die Entkopplung beschreibt das Verhältnis, mit dem sich der Endenergieverbrauch bei steigender Bruttowertschöpfung entwickelt.

⁹⁸ Bis 2030 rund 2,3 PJ durch Tesla (Autoproduktion) und 1,6 PJ durch Rocktech, bis 2040 rund 6,3 durch Tesla (Batterieproduktion) (Falkenberg et al. 2021).

⁹⁹ Hier: Sektor Industrie und GHD ohne Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte.

werden Sondereffekte durch die **Neuansiedlung von Unternehmen** im Sektor Industrie sowie Rechenzentren im GHD-Bereich berücksichtigt, sofern bereits bekannt und/oder abschätzbar.

In beiden Szenarien werden Effizienzgewinne zur Reduktion des Endenergieverbrauchs angenommen und als notwendig für die Erreichung der Klimaneutralität erachtet. In der energieintensiven Industrie werden Energieeinsparungen v. a. durch die **Transformation von Prozessen** und Prozessrouten erreicht. In der sonstigen Industrie sowie im GHD-Bereich steht die **Diffusion von effizienter Technologie** im Vordergrund. Die Szenarien variieren nach Technologieeinsatz sowie Implementationsgrad und führen hierdurch zu unterschiedlichen Energieeinsparungen (Fleiter et al. 2021; Brugger und Mandel 2021; Joas et al. 2019; Luderer et al. 2021).

Weitere Effizienzpotenziale können durch die Nutzung von **Abwärme** sowie die Realisierung von **Flexibilität** gehoben werden. Hirzel et al. (2013) sowie Fleiter et al. (2013) erläutern verschiedene Anwendungen der industriellen Abwärmenutzung sowie deren Vor- und Nachteile. Das geschätzte Potenzial variiert von 5 bis 45 % des Energieeinsatzes für Prozesswärme, wobei in der Stahl-, Chemie- und Zementindustrie die größten Potenziale konstatiert werden.¹⁰⁰ Die Studien für ein klimaneutrales Deutschland sowie die Aktualisierung von BDI und die Studie von Agora Energiewende schätzen, dass Abwärme in 2050 zwischen 8 bis 10 % zum Fernwärmemix und rund 4 % zum Prozesswärmebedarf beitragen kann (Gerbert et al. 2018; Burchardt et al. 2021; Prognos et al. 2020). In einem Energiesystem mit zunehmend volatiler Erzeugung durch erneuerbare Energien kann die Industrie durch flexibles Lastmanagement zur Effizienz des Gesamtsystems beitragen. Jetter et al. (2021) erläutern Lastmanagementpotenziale und bewerten diese in verschiedenen Szenarien im regionalen Kontext.

Die meisten Anwendungsarten von Energie sind bereits im Status Quo oder werden in den Szenarien vollständig elektrifiziert. Für die Bereitstellung von Wärme wird ein differenzierterer **Energieträgermix** angenommen, einerseits mit der Priorisierung von Elektrifizierung und andererseits mit einem Mix verschiedener Energieträger mit Fokus auf Wasserstoff, wie im Szenariodesign beschrieben (Fleiter et al. 2021; Prognos et al. 2021b; Burchardt et al. 2021; Luderer et al. 2021; Robinius et al. 2020). Die Technologiereife für die verschiedenen Anwendungen ist heterogen, dennoch ist die Umsetzung und weitere Erprobung vorwiegend durch die mangelnde Wirtschaftlichkeit limitiert. Mit direktelektrischen Öfen, Wärmepumpen, Wasserstoff-Brennern und kombinierten Systemen existieren wichtige Transformationstechnologien bereits (Fleiter et al. 2021).

Der Betrieb von konventionellen **Industriekraftwerken** wird voraussichtlich zurückgehen und damit zu einer Reduktion des Energieverbrauchs sowie der Emissionen im Sektor Industrie führen. Hierzu tragen mehrere Entwicklungen bei, u. a. die Elektrifizierung der Prozesswärme sowie die Reduktion der Wirtschaftlichkeit von Industriekraftwerken durch Streichung der EEG-Umlage sowie durch die ansteigende Verfügbarkeit von PPAs, d. h. günstige Strombezugsoptionen (BNetzA 2020; Kemmler et al. 2021). Hierdurch entstehen mit Wind- und PV-Parks neue Typen von klimaneutralen, erneuerbaren Industriekraftwerken. Die verbleibenden Industriekraftwerke werden vorwiegend als Spitzenlast-Kraftwerke betrieben, auf Basis von Mischgas, Wasserstoff, Biomasse und synthetischen Kraftstoffen. Die Ausprägung variiert in den Szenarien, während die Grundannahmen gleich sind.

¹⁰⁰ Nutzung der Abwärme der Stahlproduktion für den Elektrolyseprozess (Matalucci 2022).

Obwohl eine deutliche Reduktion der Prozessemissionen vorgesehen ist, werden Restemissionen aus den Industrien Zement, Glas und Keramik verbleiben und in der Bilanz ausgewiesen.¹⁰¹ Zur Kompensation dieser Restemissionen sind neben natürlichen Senken (Sektor LULUCF) auch technische Senken in Form von **CCU- und CCS-Technologien** geeignet. Die Technologien werden vom IPCC (2022) im 6. Sachstandsbericht als notwendig bewertet. Der Koalitionsvertrag (2021) folgt dieser Einschätzung und erkennt technische Negativemissionen als relevant zur Erreichung der Klimaziele an. Im dicht besiedelten Deutschland sowie auch in Brandenburg sind CCU- und CCS-Konzepte umstritten. Dies gilt insbesondere für CCS in Verbindung mit Kohlekraftwerken, kann aber ebenso für blauen Wasserstoff gelten, weil es fossile Verwertungspfade verlängert. Aus den genannten Gründen werden technische Senken in diesem Gutachten nicht modelliert.

Die Reduktion von weiteren **klimawirksamen Stoffen** bzw. F-Gasen (v. a. Verwendung als Kühlmittel) wird international durch das Montreal Protocol sowie die aktuellste Konkretisierung des Protokolls (Kigali Amendment) geregelt. Die F-Gas Verordnung überträgt die internationale Vereinbarung in europäisches Recht. Hierbei wird bis 2030 eine Reduktion von 67 % für die europäischen Länder im Vergleich zum Jahr 2014 angestrebt. Weltweit soll die Verwendung bis 2047 um 80 % im Vergleich zum Jahr 2015 reduziert werden, wobei Industrieländer bereits bis 2036 eine Reduktion um 85 % im Vergleich zum Zeitraum 2011 – 2013 erreichen sollen (EC 2022a; UN Ozone Secretariat 2022; UNIDO 2022). Die DUH (2013) stellt in einer Übersicht Reduktions- sowie Substitutionsmöglichkeiten durch alternative, umweltfreundliche Stoffe vor. In den Szenarien wird ein ambitionierterer Reduktionspfad angenommen, da Deutschland auch in Europa zu den industrialisiertesten Ländern gehört (in Vergleich zu 2015): -80 % (2030), -90 % (2040), -95 % (2045).

In den Szenarien wird zudem eine stärkere Verbreitung der **Bioökonomie** angenommen (vgl. Abschnitt 3.1.2 und 4.9.7). Bereits heute sind verschiedene Unternehmen mit unterschiedlichen Produkten und Geschäftsmodellen in Brandenburg aktiv, allerdings handelt es sich derzeit noch um vergleichsweise wenige Beispiele, jedoch mit hohem regionalem Anwendungspotenzial (Rupp et al. 2020). Durch eine bereits in Entwicklung befindliche Bioökonomie-Strategie des Landes Brandenburg sollen daher Transformationspfade für eine klimaneutrale und nachhaltige Industrie und Landwirtschaft aufgezeigt werden (Landtag Brandenburg 2021b). Hierdurch kann beispielsweise die Nachfrage nach konventionellen Baustoffen reduziert oder das Angebot von erneuerbaren chemischen Vorprodukten erhöht werden. Die Wirkung auf die hier relevanten Indikatoren des Sektors Industrie kann aufgrund der fehlenden Datenbasis nur indirekt (z. B. über die Reduktion der Zementproduktion) erfolgen.

Die Datenlage zu **Industriegebäuden** und deren Versorgung mit Raumwärme und Warmwasser ist nicht detailliert genug für eine gesonderte Modellierung in den Szenarien. Eine Annäherung ergibt, dass 18 % der Bruttogeschosfläche in Brandenburg Industriegebäuden (Produktionshallen und Büroflächen) zugeordnet werden können (siehe Abschnitt 3.3) bei einem Verbrauchsanteil von 7 % des Endenergieverbrauchs des Sektors Industrie (siehe Zwischenbericht). Während Bürogebäude kompatibel mit den Entwicklungen im Sektor Gebäude und den Maßnahmen im korrespondierenden Handlungsfeld sind, ergeben sich für Produktionshallen andere Handlungs-

¹⁰¹ Hierdurch soll Transparenz über die Verursachungsbereiche von Emissionen gewährleistet werden. Die Priorität ist Vermeidung von Emissionen bevor Technologien für negative Emissionen eingesetzt werden.

bedarfe wie z. B. die effiziente Nutzung von Abwärme. In den Szenarien werden die Energieverbräuche aggregiert mit der Prozesswärmeerzeugung betrachtet und somit mit dem oben beschriebenen Energieträgermix modelliert.

Im **Bereich GHD** ist der Endenergieverbrauch (ohne Raumwärme, Warmwasser, Klimakälte)¹⁰² bereits 2018 weitestgehend elektrifiziert. Die Szenarien unterscheiden sich hauptsächlich in der Ausprägung von Effizienzmaßnahmen, wodurch im Szenario I Effizienzsparnisse von 43 % erreicht werden und im Szenario II 34 %. Hierbei steht vor allem die Implementierung von kleinteiliger, strombasierter Effizienztechnologie im Fokus (Brugger und Mandel 2021; Gerbert et al. 2018).¹⁰³ Diese Einsparungen werden allerdings durch das wirtschaftliche Wachstum sowie die Neuansiedlung von Rechenzentren weitgehend ausgeglichen oder sogar überkompensiert, wie in Tabelle 25 und Tabelle 26 dargestellt. Gemäß Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung sollen Rechenzentren jedoch ab 2027 klimaneutral betrieben werden und sollten somit die Emissionen nicht beeinflussen (SPD et al. 2021).

Über die beschriebenen Entwicklungen und Indikatoren hinaus ist die Entwicklung im Sektor Industrie auch von anderen Sektoren abhängig. Hierbei sind vor allem die Sektoren „Energiewirtschaft“ sowie „Abfallwirtschaft und Sonstiges“ hervorzuheben. Die Emissionsfaktoren von Fernwärme sowie Strom und deren Entwicklung in den Szenarien beeinflusst die Emissionen in der Verursacherbilanz. Die Kreislaufwirtschaft erfordert einerseits neue Produkte und Produktdesigns der Industrie und kann andererseits durch höheres Recycling und geringere Primärproduktion zu geringeren Energieverbräuchen führen.

Restriktionen

Die Annahmen zu den Szenarien können durch unterschiedliche Restriktionen v. a. bis zum Jahr 2030 limitiert sein. Diese müssen aktiv durch Maßnahmen adressiert werden. Im Folgenden werden einige dieser Restriktionen aufgelistet, sofern sie nicht oben im Text bereits erwähnt wurden:

- **Investitions- und Modernisierungszyklen**
Die Transformation zu einer klimaneutralen Industrie erfordert Investitionen in neue Anlagen sowie den Um-/Rückbau von bestehenden Anlagen. Das Anlagenalter beeinflusst die Transformationsgeschwindigkeit einerseits durch Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen anhand des Restwertes und andererseits durch das Risiko von Lock-In Effekten im Fall von Investitionen in konventionelle Technologien.
- **Rahmenbedingungen und Investitionssicherheit**
Der Transformationsprozess wird durch unklare oder ungeeignete (politische) Rahmenbedingungen behindert, hierdurch entsteht Unsicherheit für Investitionen. Dies kann ebenfalls das Risiko von Lock-In Effekten erhöhen.
Die Rahmenbedingungen für die Transformation der energieintensiven Industrien sind hier besonders relevant, da eine Verzögerung einen hohen Einfluss auf die THG-Reduktion hätte (z. B. wenn das Stahlwerk in Eisenhüttenstadt von ArcelorMittal nicht wie geplant bis 2030 klimaneutral ist).

¹⁰² Thematisierung von Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte im KSG-Sektor Gebäude, wie in Hirschl et al. (2022) bereits erläutert.

¹⁰³ Z. B. bei Beleuchtung, IKT und mechanischer Energie (Motoren, Pumpen, Verdichter).

- Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien und Infrastrukturen
Der Energieträgerwechsel in den Sektoren führt zu einem signifikanten Anstieg des Strombedarfs (aber auch von beispielsweise Wasserstoff) und erfordert eine Ausweitung der Erzeugungskapazitäten, um die Verfügbarkeit zu sichern und Nutzungskonflikte zu reduzieren. Darüber hinaus ist für einige Energieträger der (Aus-)Bau von Infrastruktur notwendig, um die Nutzung zu ermöglichen.
- Effizienzeinsparungen und Rebound-Effekte
Die Einsparungen durch Effizienztechnologien haben einen sinkenden Grenznutzen und führen nur durch eine ganzheitliche Betrachtung unter Ausschluss von Rebound-Effekten zu einer echten Reduktion von Energie- und Emissionsverbrauch.
- Ressourcen und Personal
Für die Transformation zu einer klimaneutralen Industrie sind neben den technischen Lösungen weitere betriebliche Ressourcen notwendig, hierzu zählen: Personal, Fachwissen, Kapital, Zeit und Platzbedarf. Aber auch die Verfügbarkeit von Rohstoffen, beispielsweise für bestimmte Technologien, kann eine Restriktion darstellen.
- Genehmigungsverfahren
Die Verfahren zur Genehmigung von Neuanlagen oder zum Umbau bestehender Anlagen können die Transformationsgeschwindigkeit negativ beeinflussen. Eine schnelle Transformation erfordert effiziente Genehmigungsverfahren – beispielsweise durch Standardisierungen, aber auch die nötige Personalausstattung.
- Akzeptanz und Wohlstandsmessung
Die Transformation der Industrie muss von der Gesellschaft mitgetragen und akzeptiert werden. Dies gilt für neue Prozesse, Technologien und Infrastrukturen, aber auch für die Bereiche und Produktionen, die zu ersetzen sind. Adäquate Beteiligung und finanzielle Teilhabe können Erfolgsfaktoren sein. Darüber hinaus bedarf es eines geeigneten Indikatoren-Sets, um die Transformation zu Klimaneutralität und einem breiteren Wohlstandsverständnis monitoren und steuern zu können.

3.5.2 Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

Die Entwicklung der spezifischen Indikatoren im Szenario I ist in Tabelle 25 dargestellt. Zusätzlich wird die Wirkung einzelner Entwicklungen auf den Endenergieverbrauch (EEV) ausgewiesen. Die Annahmen basieren maßgeblich auf den Modulen der Studie „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland“ (Fleiter et al. 2021; Brugger und Mandel 2021) und wurden mit anderen Studien abgeglichen sowie im Rahmen der Beteiligungsformate konkretisiert und validiert.

Tabelle 25: Indikatoren im Szenario I – KSG-Sektor Industrie und GHD

Quelle: Eigene Darstellung. Hinweis: Prozentuale Entwicklungen ggü. dem Bezugsjahr 2018.

	2018	2030	2040	2045
Stahl				
Produktion (Index)	100	93	91	85
Produktion Hochofen-Stahl	1,8 Mt	-	-	-
Produktion Elektro Stahl	2,4 Mt	3,9 Mt	3,8 Mt	3,6 Mt
Spez. Energieverbrauch	5 GJ/t	4,6 GJ/t	4,3 GJ/t	4 GJ/t
Produktion H ₂ -DRI	-	0,12 Mt	0,51 Mt	0,45 Mt

	2018	2030	2040	2045
Spez. Energieverbrauch	-	6,9 GJ/t	6,9 GJ/t	6,9 GJ/t
EEV - Effizienz		-47 %	-43 %	-47 %
EEV - Produktion	-	-3 %	-5 %	-8 %
Zement				
Produktion (Index)	100	95	90	80
EEV - Effizienz	-	-14 %	-22 %	-29 %
EEV - Produktion	-	-4 %	-8 %	-14 %
Klinker				
Produktion (Index)	100	80	60	55
EEV - Effizienz	-	-18 %	-25 %	-25 %
EEV - Produktion	-	-16 %	-30 %	-34 %
Glas und Keramik				
Produktion (Index)	100	110	115	122
EEV - Effizienz	-	-20 %	-34 %	-41 %
EEV - Produktion	-	+8 %	+10 %	+13 %
Chemische Industrie				
Produktion (=BWS) ¹⁰⁴	100	122	128	132
EEV - Effizienz	-	-3 %	-7 %	-8 %
EEV - BWS	-	+21 %	+26 %	+29 %
Sonstige Industrie				
Produktion (=BWS, Index)	100	122	128	132
Entkopplung BWS und EEV ¹⁰⁵	-	0,5	0,4	0,1
EEV - Effizienz	-	-17 %	-29 %	-36 %
EEV - BWS Faktor	-	-18 %	-20 %	-20 %
EEV - BWS + Neuansiedlung	-	+27 %	+30 %	+30 %
GHD				
Produktion (=BWS, Index)	100	122	128	132
Entkopplung BWS und EEV	-	0,5	0,4	0,1
EEV - Effizienz	-	-19 %	-37 %	-43 %
EEV - BWS-Faktor	-	-9 %	-10 %	-10 %
EEV - BWS + Neuansiedlung	-	+34 %	+52 %	+52 %

Die Produktionskapazität von Stahl und Zement sowie Klinker wird durch Materialeffizienz (z. B. Leichtbau, Verbesserung statischer Berechnungen im Bau), die Erhöhung der Recyclingquote (siehe auch Abschnitt 3.6) sowie die Substitution mit alternativen Baustoffen reduziert. Der Energieverbrauch in der Stahlindustrie wird außerdem durch die Direktreduktion mit Wasserstoff und die Elektrifizierung, welche zu einer höheren Energieeffizienz führt, signifikant reduziert (Fleiter et al. 2021).

¹⁰⁴ Der Detailgrad der Datengrundlage ist nicht ausreichend, um Produktionszahlen zu verwenden, weswegen hier und im Folgenden die Bruttowertschöpfung als Bezugsgröße verwendet wird.

¹⁰⁵ Siehe Erläuterung in Abschnitt 3.5.1.

In der Stahlindustrie entspricht der Energieverbrauch im Status Quo rund 17 GJ pro t Hochofen-Stahl und nur rund 5 GJ pro t Elektrostahl. Die Direktreduktion benötigt rund 7 GJ pro t Direktreduktionseisen (Fleiter et al. 2021). ArcelorMittal (2021) plant, ab 2026 den Hochofen durch eine Direktreduktionsanlage und Elektrolichtbogenöfen auszutauschen. Hierdurch wird in Brandenburg ab diesem Zeitpunkt nach den Plänen des Unternehmens nur noch Elektrostahl produziert, wodurch die Emissionen der Stahlproduktion fast vollständig reduziert werden könnten.¹⁰⁶ Der Wasserstoff wird zunächst anteilig mit lokaler Elektrolyse erzeugt und ab 2040 zusätzlich per Pipeline zur Verfügung stehen. Die Elektrolichtbogenöfen werden rein elektrisch betrieben.

In der Zementindustrie kann der Endenergieverbrauch neben den Wechsel zu anderen Baustoffen (wie oben genannt) durch die Reduktion des Klinkeranteils sowie durch den zukünftigen Wechsel (ab 2040) zu elektrischen Drehrohröfen reduziert werden. Für die Substitution des Klinkers sind bereits heute technisch ausgereifte Produkte verfügbar (Fleiter et al. 2021). Die prozessbedingten Emissionen werden hierdurch reduziert, aber nicht vollständig vermieden. Es bedarf negativer Emissionen durch CCU- und CCS-Technologien zur Kompensation, wie in einem Projekt von CEMEX erprobt werden soll (CEMEX 2022). Zukünftig sind außerdem weitere technische Innovationen zu erwarten, die die Verbreitung von klimaneutralen Baustoffen befördern, wie einige Projekte und Forschungsergebnisse bereits zeigen.¹⁰⁷

Für die Produktion von Glas und Keramik wurden die Annahmen von Fleiter et al. (2021) übernommen. In Szenario I wird von einem Wechsel zu voll-elektrischen Schmelzwannen ausgegangen, welche neben dem Energieträgerwechsel auch zu Effizienzgewinnen führen. Die chemische Industrie wird anhand der BWS modelliert, sowie dem prognostizierten Wasserstoffbedarf aus dem Gutachten der Energiestrategie für Brandenburg. Für die Dampferzeugung wird eine Kombination aus elektrischen Öfen und Dampfkesseln sowie Wärmepumpen angenommen (Falkenberg et al. 2021; Fleiter et al. 2021).

Die Bereitstellung von Prozesswärme erfolgt in Szenario I primär elektrisch sowie in vergleichbaren Anteilen auf der Basis von Fernwärme und Umweltwärme (Wärmepumpen). Hierzu kommen außerdem geringe Anteile von Wasserstoff und Biomasse (Fleiter et al. 2021; Burchardt et al. 2021; Robinius et al. 2020; Bracke und Huenges 2022).

Der Umwandlungsausstoß der Industriekraftwerke (hier nur Strom, da Wärme direkt im Endenergieverbrauch bilanziert wird) sinkt bis 2045 auf 4,2 PJ. Der Wirkungsgrad verbessert sich auf 49 %. Der Umwandlungseinsatz von 8,6 PJ besteht aus Mischgas (55 %), Biomasse (31 %), Wasserstoff (10 %) und synthetischen Kraftstoffen (3 %).

Die resultierende Entwicklung der Endenergie und Emissionen im Szenario I wird in Abbildung 37 und Abbildung 38 in Abschnitt 3.5.4 dargestellt.

3.5.3 Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“

Tabelle 26 stellt die Entwicklung der spezifischen Indikatoren im Szenario II dar, darüber hinaus wird die Wirkung einzelner Indikatoren-Entwicklungen auf den EEV ausgewiesen. Die Annahmen basieren maßgeblich auf den Modulen der Studie „Langfristszenarien für die Transformation des

¹⁰⁶ Emissionen durch Kathodenabbrand vernachlässigbar, Produktion von Eisenschwamm mit Staub aus Biokohle.

¹⁰⁷ U. a. neustark (2022), Brimestone Energy (2022), Neubauer (2017) und Güntheroth (2022).

Energiesystems in Deutschland“ (Fleiter et al. 2021; Brugger und Mandel 2021). Diese Annahmen wurden mit anderen Studien abgeglichen sowie im Rahmen der Beteiligungsformate konkretisiert und validiert.

Tabelle 26: Indikatoren im Szenario II – KSG-Sektor Industrie und GHD

Quelle: Eigene Darstellung. Hinweis: Prozentuale Entwicklungen ggü. dem Bezugsjahr 2018.

	2018	2030	2040	2045
Stahl				
Produktion (Index)	100	100	91	89
Produktion Hochofen-Stahl	1,8 Mt	-	-	-
Produktion Elektro Stahl	2,4 Mt	4,2 Mt	3,8 Mt	3,7 Mt
Spez. Energieverbrauch	5 GJ/t	4,8 GJ/t	4,5 GJ/t	4,3 GJ/t
Produktion H ₂ -DRI	-	0,12 Mt	0,57 Mt	0,51 Mt
Spez. Energieverbrauch	-	6,9 GJ/t	6,9 GJ/t	6,9 GJ/t
EEV - Effizienz	-	-47 %	-41 %	-44 %
EEV - Produktion	-	-0 %	-4 %	-6 %
Zement				
Produktion (Index)	100	98	96	94
EEV - Effizienz	-	-4 %	-14 %	-26 %
EEV - Produktion	-	-2 %	-4 %	-4 %
Klinker				
Produktion (Index)	100	90	75	65
EEV - Effizienz	-	-18 %	-19 %	-11 %
EEV - Produktion	-	-8 %	-20 %	-31 %
Glas und Keramik				
Produktion (Index, Index)	100	110	115	122
EEV - Effizienz	-	-20 %	-28 %	-31 %
EEV - Produktion	-	+8 %	+11 %	+15 %
Chemische Industrie				
Produktion (=BWS, Index) ¹⁰⁸	100	122	128	132
EEV - Effizienz	-	-3 %	-6 %	-7 %
EEV - BWS	-	+22 %	+27 %	+29 %
Sonstige Industrie				
Produktion (=BWS, Index)	100	122	128	132
Entkopplung BWS und EEV ¹⁰⁹	-	0,5	0,4	0,1
EEV - Effizienz	-	-2 %	-19 %	-21 %
EEV - BWS Faktor	-	-18 %	-20 %	-20 %
EEV - BWS + Neuansiedlung	-	+27 %	+30 %	+30 %
GHD				
Produktion (=BWS, Index)	100	122	128	132

¹⁰⁸ Der Detailgrad der Datengrundlage ist nicht ausreichend, um Produktionszahlen zu verwenden, weswegen hier und im Folgenden die Bruttowertschöpfung als Bezugsgröße verwendet wird.

¹⁰⁹ Siehe Erläuterung in Abschnitt 3.5.1.

	2018	2030	2040	2045
Entkopplung BWS und EEV	-	0,5	0,4	0,1
EEV - Effizienz	-	-9 %	-27 %	-34 %
EEV - BWS-Faktor	-	-9 %	-10 %	-11 %
EEV - BWS + Neuansiedlung	-	+37 %	+54 %	+54 %

Die Produktionsmengen von Stahl, Zement und Klinker sinken verzögert und insgesamt nicht so stark wie in Szenario I aufgrund von weniger ambitionierten Annahmen bzgl. Materialeffizienz, Recycling und Baustoffsubstitution. Während die spezifischen Energieverbräuche der Stahlindustrie sich annähernd gleich entwickeln, sinkt der absolute Endenergieverbrauch durch die höheren Produktionsmengen geringer. Außerdem wird von einer anteiligen chemischen Feuerung der Elektrolichtbogenöfen mit Gas ausgegangen. In der Zementindustrie führt die Substitution der Brennstoffe mit Biomasse, synthetischen Kraftstoffen und Abfall zu geringeren Effizienz einsparungen als bei der Elektrifizierung. Durch die höheren Produktionsmengen sinken auch die prozessbedingten Restemissionen weniger stark.

Für die Produktion von Glas und Keramik wurden die Annahmen von Fleiter et al. (2021) übernommen. Im Szenario II wird von einer Umrüstung der Schmelzwannen auf Wasserstoff-Brenner ausgegangen. Die Effizienzgewinne sind hierbei geringer als in Szenario I. Die chemische Industrie wird auf der Basis der BWS-Entwicklung sowie anhand des prognostizierten Wasserstoffbedarfs aus dem Gutachten der Energiestrategie für Brandenburg modelliert. Für die Dampferzeugung wird eine Kombination aus Wasserstoff-Brennern sowie Wärmepumpen im Niedertemperaturbereich angenommen (Falkenberg et al. 2021; Fleiter et al. 2021).

Die Bereitstellung von Prozesswärme entwickelt sich im Szenario II zu einem Mix aus Elektrifizierung und Wasserstoff sowie vergleichbaren Anteilen von Biomasse und Fernwärme. Hierzu kommen außerdem geringe Anteile von Umweltwärme (Wärmepumpen), synthetischen Kraftstoffen und Abfall (Fleiter et al. 2021; Burchardt et al. 2021; Robinius et al. 2020).

Der Umwandlungsausstoß der Industriekraftwerke (nur Strom, da Wärme direkt im Endenergieverbrauch bilanziert wird) sinkt bis 2045 auf 6,3 PJ. Der Wirkungsgrad verbessert sich auf 49 %. Der Umwandlungseinsatz von 12,9 PJ besteht aus Mischgas (47 %), Biomasse (27 %), Wasserstoff (22 %) und synthetischen Kraftstoffen (4 %).

Die resultierende Entwicklung der Endenergie und Emissionen im Szenario I wird in Abbildung 37 und Abbildung 38 im nächsten Abschnitt dargestellt.

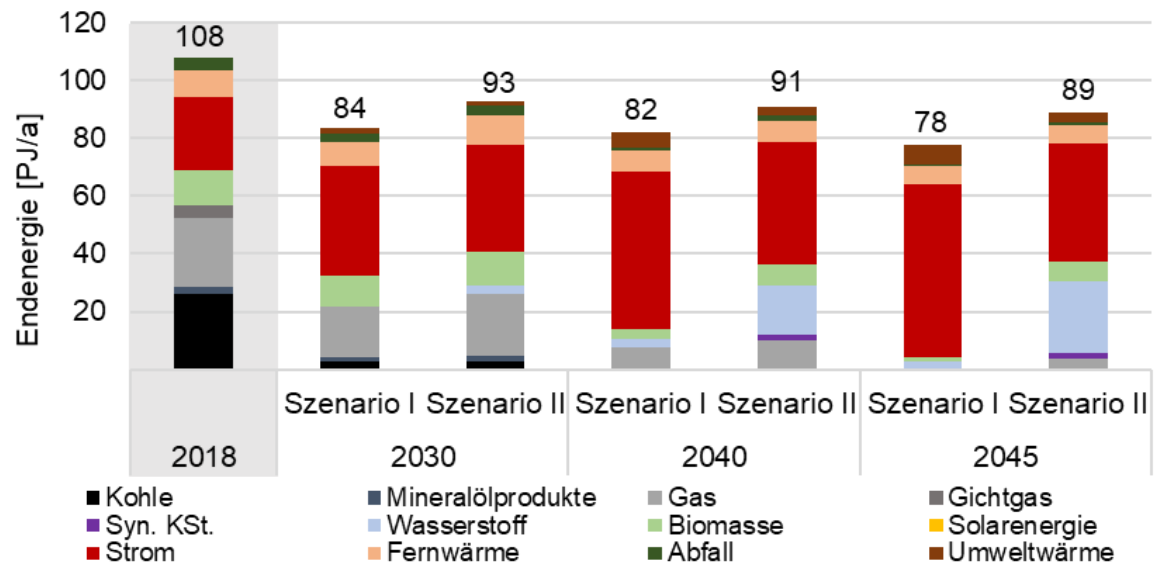
3.5.4 Vergleich und Diskussion der Szenarien

Industrie

Die **Entwicklung der Endenergie** verläuft in beiden Szenarien ähnlich, wenn auch auf unterschiedlichem Niveau. In 2030 werden bereits signifikante Effizienzpotenziale gehoben und anschließend erfolgt die Reduktion des EEV konstant. Die sprunghafte Reduktion in 2030 basiert v. a. auf den Effizienz einsparungen durch den Ausstieg aus der Hochofenroute in der Stahlindustrie sowie auf der kurzfristigen Realisierung von Effizienzpotenzialen in den anderen Industriezweigen. Die Reduktion wird gehemmt durch den Mehrverbrauch aufgrund des Wirtschaftswachstums sowie der industriellen Neuansiedlungen bis 2030 bzw. 2040. Insgesamt kann der EEV um -28 % im Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ bzw. -18 % im Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“ reduziert werden. In Tabelle 25 und Tabelle 26 sind die verschiedenen Effekte aus Effizienz, Produktion und Bruttowertschöpfung dargestellt.

Abbildung 37: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in PJ von 2018 bis 2045 in beiden Szenarien, KSG-Sektor Industrie

Quelle: Eigene Darstellung.



Bei der Energieträgerverteilung zeigen sich ab 2040 klare Unterschiede zwischen den Szenarien. In Szenario I nimmt die Dominanz des Energieträgers Strom kontinuierlich zu und entspricht in 2045 einem Anteil von 77 %. Fossile Energieträger (v. a. Kohle, Mineralölprodukte) können bereits bis 2030 stark reduziert werden und verschwinden bis 2045 komplett, auch der Gasverbrauch wird bereits bis 2030 um -28 % reduziert. Die Verbrennung von Biomasse und Abfall wird stark eingeschränkt, da Biomasse prioritär stofflich und in anderen Sektoren genutzt wird und die Kreislaufwirtschaft das Abfallaufkommen reduziert. In 2045 sind neben Strom die Energieträger Umweltwärme (9 %) und Fernwärme (8 %) von Relevanz. Der Wasserstoffverbrauch (3 %) beschränkt sich auf den Bedarf der Wirtschaftszweige (WZ) Metallerzeugung und -verarbeitung (WZ 24, 25) sowie Chemische Industrie (WZ 20). Im Szenario II wird der Endenergieverbrauch durch einen diversifizierteren Energieträgermix bedient. In 2045 erreichen Strom und Wasserstoff Anteile von 46 % bzw. 28 %. Die restliche Energie wird durch Biomasse (8 %), Fernwärme (7 %), Umweltwärme (4 %), Mischgas (4 %), synthetische Kraftstoffe (2 %) und Abfall (1 %) gedeckt.

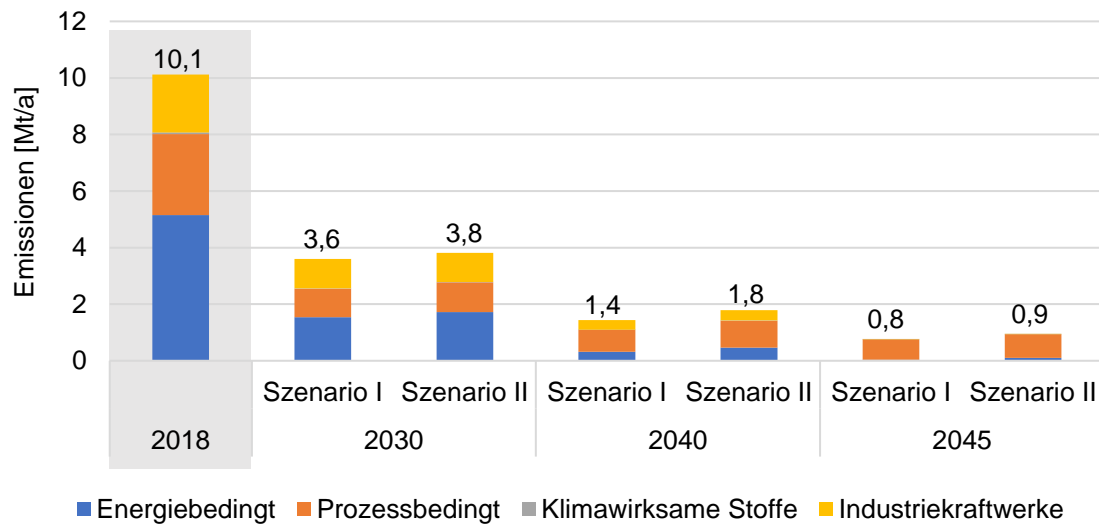
Zusammen mit den prozessbedingten Emissionen sowie den Emissionen von klimawirksamen Stoffen (F-Gasen) und Industriekraftwerken lässt sich aus dem Endenergieverbrauch die **Entwicklung der Emissionen** im Sektor Industrie gemäß Quellenbilanz ableiten, wie in Abbildung 38 dargestellt.

Die energiebedingten Emissionen können in beiden Szenarien bereits bis 2030 durch die Elektrifizierung von Prozessen und Substitution fossiler Energieträger signifikant reduziert werden. In Szenario I sinken die Emissionen um 6,5 Mt CO_{2e} auf 3,6 Mt CO_{2e}. Diese signifikante Reduktion kann v. a. auf Entwicklungen in der energieintensiven Industrie zurückgeführt werden: - 4,4 Mt CO_{2e} (WZ 24, 25 inkl. Stahlindustrie), -0,7 Mt CO_{2e} (WZ 23 inkl. Zement-, Glas- und Keramikindustrie) und 0,02 Mt CO_{2e} (WZ 20 inkl. chemische Industrie). Die Reduktion der Kraftwerkskapazität in der Industrie durch Elektrifizierung und PPAs sowie die Transformation zu klimaneutralen Industriekraftwerken und der Energieträgerwechsel (z. B. Gichtgas zu Mischgas) resultiert in einer Reduktion um 1 Mt CO_{2e} bis 2030. Die restliche THG-Reduktion von 0,4 Mt CO_{2e} bis 2030 basiert auf Effizienzsteigerungen und Substitution der fossilen Energieträger in der sonstigen Industrie. Die Substitution von fossilen Energieträgern in der Endenergie und

in Industriekraftwerken sowie die Reduktion der Laufzeiten von Industriekraftwerken, die vorwiegend zur Spitzenlast betrieben werden, setzt sich (teilweise bedingt durch unterschiedliche Modernisierungszyklen) bis 2040 stetig fort.

Abbildung 38: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} von 2018 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Industrie

Quelle: Eigene Darstellung.¹¹⁰



Im Szenario II ist die Reduktion bis 2030 nicht so stark ausgeprägt, gleicht sich aber bis 2045 an. Bei einem fossil-freien Energieträgermix wirkt sich der höhere Energieverbrauch nicht mehr auf die Emissionen aus. Die verbleibenden Emissionen (0,8 bzw. 0,9 Mt CO_{2e}) in 2045 bestehen in beiden Szenarien aus nach heutigem Stand der Technik nicht vermeidbaren Prozessemissionen der Zement-, Glas- und Keramikindustrie, klimawirksamen Stoffen sowie energiebedingten Emissionen durch die verbleibende Abfallverbrennung. Diese müssen durch negative Emissionen, natürliche und/oder technische Senken, kompensiert werden. In Tabelle 27 werden die Emissionsverläufe mit den **KSG-Zielen** verglichen.¹¹¹

Die Reduktionen von -75 % bzw. -74 % bis 2030 in den beiden Szenarien übersteigen die Zielsetzung nach KSG-Szenarien deutlich. Hier ist jedoch anzumerken, dass bereits die Emissionsminderungen aus der Stahlindustrie durch die angestrebte Prozesstransformation¹¹² bis 2030 zu einer Reduktion um -55 % ggü. 1990 führen und somit fast das KSG-Ziel der Industrie erfüllen würden. Wir gehen in beiden Szenarien jedoch davon aus, dass auch in allen anderen Industriezweigen Klimaschutzmaßnahmen ambitioniert und so zeitnah wie möglich durchgeführt werden. Zudem waren die Emissionen im Bezugsjahr 1990 sehr hoch und sind in den folgenden Jahren

¹¹⁰ Aufgrund der Berücksichtigung von Industriekraftwerken im Sektor Industrie gem. KSG-Methodik entsteht eine Abweichung zu den Gesamtemissionen in 2018 auf Basis der LfU-Daten (siehe Erläuterung im Zwischenbericht).

¹¹¹ Die Reduktionsziele gemäß KSG lauten für die Industrie bezogen auf 1990: -58 % bis 2030, -88 % bis 2040 (gilt für alle Sektoren), THG-Neutralität bis 2045.

¹¹² Siehe ArcelorMittal (2021); die hier angenommene Reduktion von rund 3,5 Mt CO_{2e} im Stahlwerk und Industriekraftwerk verteilt sich auf folgende Bereiche: 1,2 Mt energiebedingt, 1,6 Mt prozessbedingt und 0,7 Mt Industriekraftwerk für Stromproduktion.

nicht durch Klimaschutzmaßnahmen, sondern aufgrund struktureller Veränderungen der Wirtschaft (Wiedervereinigungseffekte) gesunken. In 2040 wird das KSG-Ziel über alle Sektoren von der Industrie erfüllt bzw. leicht übererfüllt. Um das Ziel der Klimaneutralität in 2045 einzuhalten, müssen die restlichen Emissionen kompensiert bzw. durch weitere Maßnahmen neutralisiert werden.

Tabelle 27: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} und Vergleich zu Zielen im Sektor Industrie

Quelle: Eigene Darstellung.

[Mt CO _{2e}]	1990 ¹¹³	2010 ¹⁰⁵	2018	2030	2040	2045
Szenario I	14,6	6,9	10,1	3,6	1,4	0,8
Reduktion gegenüber 1990	-	-53 %	-31 %	-75 %	-91 %	-95 %
Szenario II	14,6	6,9	10,1	3,8	1,8	0,9
Reduktion gegenüber 1990	-	-53 %	-31 %	-74 %	-88 %	-94 %

Der **Vergleich der beiden Szenarien** zeigt somit, dass das Szenario I „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ insgesamt vorteilhaft ist:

- In 2030 und 2040 wird eine höhere THG-Reduktion erreicht. Hierdurch wird ein größerer Beitrag zum Klimaschutz und ein geringerer Verbrauch eines Brandenburger THG-Budgets geleistet, zudem werden andere Sektoren mit mehr Schwierigkeiten bei der Reduktion bis 2030 etwas entlastet.
- Der Endenergieverbrauch ist durch die höhere Material- und Energieeffizienz geringer. Durch den effizienteren Umgang mit knappen Ressourcen (wie beispielsweise Biomasse oder Flächenbedarfe für EE-Strom, aber auch kritische Rohstoffbedarfe) können Nutzungskonflikte und Beschaffungsprobleme verhindert oder abgemildert werden.
- Die stärkere, frühzeitige Reduktion von Erdgas und der restriktivere Einsatz von Wasserstoff und Mischgas reduzieren in Zukunft die Abhängigkeit Brandenburgs von Energieimporten. Da die verfügbaren Mengen, Herkunft sowie Kosten für Produktion und Beschaffung synthetischer Gase mit Unsicherheit behaftet sind, erscheint ein Szenario mit geringeren Verbräuchen dieser Energieträger als resilienter.
- Die Verbrennung von Abfall in 2045 als letzte Quelle von energiebedingten Emissionen ist nur noch marginal.

¹¹³ Die Werte für 1990 und 2010 basieren auf den Quellbilanzdaten von LfU (2021), die nicht auf der aktuell geltenden KSG-Bilanzierungsmethodik basieren. Die Jahre 2030, 2040 und 2045 wurden im Rahmen des Gutachtens nach KSG-Methodik ermittelt und sind damit in den absoluten Ergebnissen anschlussfähig an die KSG-Daten des Bundes. Methodische Abweichungen liegen in den sektoral (zum Teil anteilig) unterschiedlichen Zuordnungen u. a. von Industriekraftwerken, Abfallkraftwerken, Gichtgasen, Bauverkehren etc. (vgl. ausführlicher im Zwischenbericht zum Gutachten, Hirschl et al. 2022). Hierfür liegen den Gutachtern keine Kenntnisse über die entsprechenden Werte in den betrachteten zurückliegenden Jahren vor. Damit unterliegen auch die hier angegebenen sektoralen Reduktionswerte ggü. 1990 mitunter leichten Ungenauigkeiten, die jedoch aufgrund der überwiegend hohen absoluten Ausgangswerte des Jahres 1990 im Regelfall eher als vernachlässigbar anzusehen sind. Eine Überführung der historischen Daten in die aktuelle Bilanzierungsmethode nach KSG ist jedoch für die Zukunft empfehlenswert.

- Fleiter et al. (2021) berechnen auf der Bundesebene geringere Systemkosten (Kosten für Anlagen, Infrastruktur, Energieträger) für das Elektrifizierungsszenario.

Sensitivitätsanalyse bezüglich Produktionsmengen

Um den besonderen Einfluss der energieintensiven Industrie stärker herauszuarbeiten, wurden in einer Sensitivitätsanalyse die Produktionsmengen der Stahl- und Zementindustrie auf dem Niveau von 2018 konstant gehalten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28: Sensitivitätsanalyse – Entwicklung der Endenergie und THG-Emissionen und Vergleich zu Zielen im Sektor Industrie

Quelle: Eigene Darstellung.

[Mt CO _{2e}]	1990 ¹¹⁴	2010 ¹⁰⁷	2018	2030	2040	2045
Szenario I						
Endenergieverbrauch [PJ]	-	-	108	87	87	85
Emissionen [Mt CO _{2e}]	14,6	6,9	10,1	3,9	1,9	1,3
Reduktion ggü. 1990	-	-53 %	-31 %	-73 %	-87 %	-91 %
Szenario II						
Endenergieverbrauch [PJ]	-	-	108	94	95	94
Emissionen [Mt CO _{2e}]	14,6	6,9	10,1	4,2	2,1	1,4
Reduktion ggü. 1990	-	-53 %	-31 %	-71 %	-86 %	-91 %

Das höhere Produktionsniveau führt zu höheren Endenergieverbräuchen für Szenario I (87 PJ zu 78 PJ) und Szenario II (94 PJ zu 89 PJ). Der Effekt auf die Emissionen wird bis 2045 durch die Substitution fossiler Energieträger abgeschwächt. Die höheren Restemissionen in 2045 sind prozessbedingte Emissionen der Zement-, Glas- und Keramikindustrie.

Damit schwächen sich die Reduktionswerte des Sektors zwar deutlich ab, der KSG-Zielwert für 2030 könnte jedoch weiterhin erfüllt werden. Für 2040 wird der Zielwert von -88 % jedoch nicht mehr erreicht; hier müssten dann andere Sektoren mehr Reduktionen leisten. Und in 2045 blieben ebenfalls mehr Restemissionen über, die zum Erreichen der Klimaneutralität durch natürliche und technische Senken kompensiert werden müssten. Der neue europäische Zielwert nach Glasgow (-45% der Emissionen bis 2030 im Vergleich zum Bezugsjahr 2030) könnte mit dem Szenario I noch erreicht werden, im Szenario II wäre der Sektor Industrie jedoch auf die Entlastung aus anderen Sektoren angewiesen.

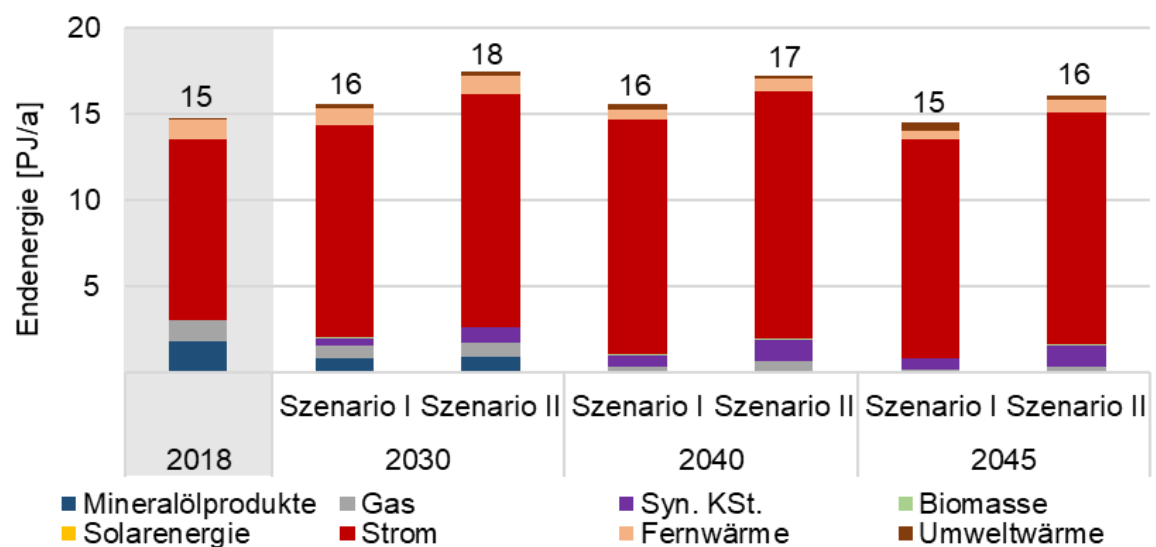
¹¹⁴ Die Werte für 1990 und 2010 basieren auf den Quellbilanzdaten von LfU (2021), die nicht auf der aktuell geltenden KSG-Bilanzierungsmethodik basieren. Die Jahre 2030, 2040 und 2045 wurden im Rahmen des Gutachtens nach KSG-Methodik ermittelt und sind damit in den absoluten Ergebnissen anschlussfähig an die KSG-Daten des Bundes. Methodische Abweichungen liegen in den sektoral (zum Teil anteilig) unterschiedlichen Zuordnungen u. a. von Industriekraftwerken, Abfallkraftwerken, Gichtgasen, Bauverkehren etc. (vgl. ausführlicher im Zwischenbericht zum Gutachten, Hirschl et al. 2022). Hierfür liegen den Gutachtern keine Kenntnisse über die entsprechenden Werte in den betrachteten zurückliegenden Jahren vor. Damit unterliegen auch die hier angegebenen sektoralen Reduktionswerte ggü. 1990 mitunter leichten Ungenauigkeiten, die jedoch aufgrund der überwiegend hohen absoluten Ausgangswerte des Jahres 1990 im Regelfall eher als vernachlässigbar anzusehen sind. Eine Überführung der historischen Daten in die aktuelle Bilanzierungsmethode nach KSG ist jedoch für die Zukunft empfehlenswert.

GHD

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Bereich GHD (ohne Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte) unterscheidet sich zwischen den Szenarien nicht deutlich. Die Annahme der stärkeren Durchdringung von effizienten Technologien führt in Szenario I zu geringeren Verbräuchen. Insgesamt werden die Energieeinsparungen jedoch in beiden Szenarien durch das wirtschaftliche Wachstum im Allgemeinen und die Ansiedlung von Rechenzentren im Speziellen wieder ausgeglichen. Letztendlich kann der EEV in Szenario I nur um -1 % reduziert werden und steigt in Szenario II sogar um +9 % an. In Tabelle 25 und Tabelle 26 sind die verschiedenen Effekte ausgewiesen sowie in den nachfolgenden Abbildungen in Bezug zu Endenergieverbrauch und Emissionen dargestellt.

Abbildung 39: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in PJ von 2018 bis 2045 in beiden Szenarien, GHD (ohne RW, WW, KK)

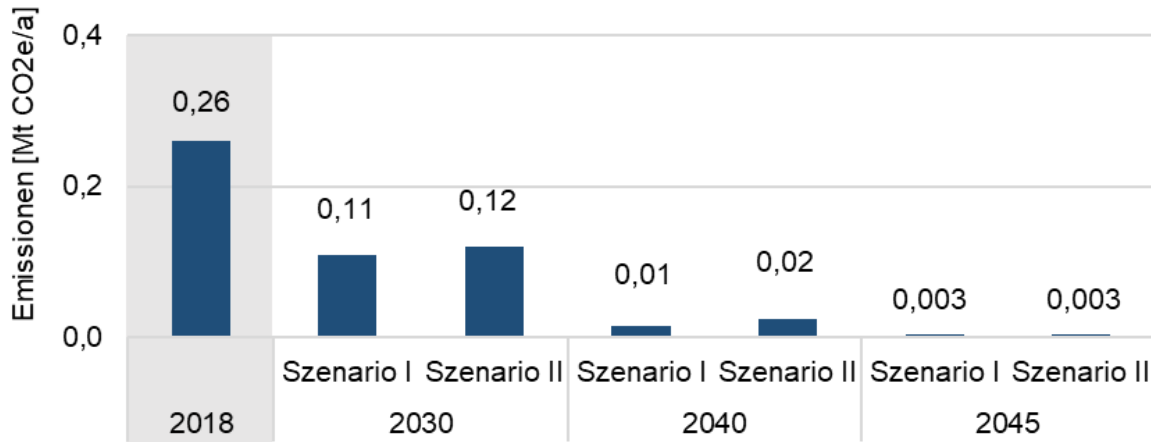
Quelle: Eigene Darstellung.



Der Energieträgermix ist bereits 2018 weitestgehend elektrifiziert und die verbleibenden fossilen Energieträger werden in beiden Szenarien bis 2040 weitestgehend substituiert. Während in Szenario I nur sehr geringe Anteile an Mischgas und synthetischen Kraftstoffen verwendet werden, ist der Einsatz dieser Energieträger in Szenario II etwas ausgeprägter. In Abbildung 40 sind die resultierenden Entwicklungen der THG-Emissionen dargestellt.

Abbildung 40: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} von 2018 bis 2045 in beiden Szenarien, Quellenbilanz GHD (ohne RW, WW, KK)

Quelle: Eigene Darstellung.



Die Emissionen sinken in beiden Szenarien durch die Elektrifizierung der Prozesswärme bereits bis 2030 stark. Diese Substitution setzt sich bis 2040 fort, sodass hauptsächlich restliche, klimawirksame Stoffe (F-Gase) verbleiben.

3.6 Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges

3.6.1 Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen

Mit rund 1 % der aktuellen Gesamtemissionen trägt der Abfallsektor den kleinsten Teil aller Sektoren zur Brandenburger Klimabilanz bei. Trotzdem bestehen auch hier noch bedeutende Reduktionspotenziale, die einen Beitrag zur Erreichung der Pariser Klimaziele liefern können.

Szenariodesign und zentrale Annahmen

Die Haupttransformationspfade werden anhand der größten Abfallströme und Abfallbehandlungsanlagen identifiziert. Mit jeweils gut einem Drittel des anfallenden Abfalls in einem Jahr stellen die Deponierung und die Feuerung die mit Abstand wichtigsten Entsorgungswege dar. Gleichzeitig zählen die Feuerung sowie die Emissionen aus Altdeponien zu den größten Emissionsquellen, weshalb hier ein Fokus auf der Emissionsminderung liegen muss. Es muss eine umfassende Abfallvermeidung und Kreislaufwirtschaft in Kraft treten, welche daher ein Schwerpunkt im Szenariodesign ist (siehe Tabelle 29). Eine weitere Konstante, wenn auch nicht so bedeutende Emissionsquelle, ist die Abwasserbehandlung, die daher ebenfalls einen Schwerpunkt darstellt.

Die Ausarbeitung der beiden Szenarien „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ und „Mehr grüne Brennstoffe“ beruht maßgeblich auf der Auswertung aktueller Statistiken zur Abfallwirtschaft sowie der Übertragung bisheriger quantitativer Trends in den Sektoren. Auch aktuelle Entwicklungen neuer Technologien im Abfallbereich wurden berücksichtigt. Nicht zuletzt fanden die Feedbacks und Vorschläge aus den durchgeführten Beteiligungsworkshops Einzug in das Szenariodesign.

Als Ergebnis dieses Prozesses wurden die fünf Segmente Abfallmengen, Deponien (die sowohl die nicht emissionsrelevante aktuelle und künftige Ablagerung, als auch das Management der Altdeponien umfasst), Abfallverbrennung, Kreislaufwirtschaft und Abwasserwirtschaft als besonders klimarelevant identifiziert, weshalb diese ebenfalls als Zielbereiche der später in Abschnitt 4.7 vorgeschlagenen Maßnahmen dienen. Da nicht jede Maßnahme einen gleichmäßigen Effekt auf die Klimabilanz der Segmente haben kann, wurden diese nochmals in Ansatzpunkte unterteilt, die den größten Einfluss auf die Treibhausgasemissionen sowie den Sektor Abfallwirtschaft und Sonstige (Abwasserbehandlung) selbst haben. Die nachfolgende Tabelle listet die maßgeblichen Segmente des Sektors mit den jeweiligen Bereichen im Detail auf.

Neben den Emissionen aus Altdeponien entstehen im Subsektor Abfallverbrennung die größten Treibhausgasemissionen in der Abfallwirtschaft. Dabei ist zwischen der Feuerung und (Sonder-)Abfallverbrennung zu unterscheiden. Beide haben den Hauptzweck der Abfallentsorgung, bei der Feuerung wird jedoch die dadurch erzeugte Energie in Strom und nutzbare Wärme umgewandelt. Im Folgenden wird daher also zwischen (Abfall-)Feuerung und Abfallverbrennung unterschieden. Die Feuerung hat dabei den weitaus größeren Massenanteil. Die Abfallverbrennung lässt sich hingegen aus (umwelt-)hygienischen Gründen nur schwer ersetzen oder vermeiden, weshalb sie auch in Zukunft wohl noch eine geringe Rolle spielen wird.

Die Feuerung (Abfallverbrennung mit Energieerzeugung) wird im Energiesektor bilanziert (siehe Abschnitt 3.2), und spielt dort eine nicht vernachlässigbare Rolle. Emissionen aus der Abfallverbrennung ohne anschließende Energiegewinnung zu reinen Beseitigungszwecken werden dagegen im Abfallsektor bilanziert. Die Mengen sind jedoch vergleichsweise gering, weshalb die Emissionen kaum ins Gewicht fallen. Da sich die Verantwortung für die Abfallverbrennung insgesamt

jedoch weiterhin in der Verantwortung der Abfallwirtschaft befindet, werden in späteren Abschnitten deren Emissionen eingeordnet sowie Maßnahmen zur Minimierung der Klimawirkung formuliert, die bilanztechnisch in den Sektoren Energie und Industrie erfasst werden.

Tabelle 29: Szenariendesign für den KSG-Sektor Abfallwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung.

Segment		Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“
Abfallmengen	Gesamtaufkommen	Trend Abfallaufkommen sinkend durch Fokus auf Abfallvermeidung	
	Siedlungsabfälle	Ökodesign und Verpackungseffizienz verstärken Trend	
	Industrieabfälle	Materialeffizienz Produktion (-8 %), erleichtertes Recycling durch Ökodesign	
	Sonstige Abfälle	Gefährliche Abfälle zur Beseitigung stagnierend	
Deponien	Abfallmengen	Keine Deponierung von verwertbaren Abfällen	
	Emissionen	THG-Emission sinkend (fast vollständige Ausgasung bis 2045)	
	Maßnahmen	Zusätzliche Deponiebelüftung und Verwertung von Deponiegas	Pyrolyse von Deponiegas zur H ₂ -Gewinnung
Abfallverbrennung	Vermeidung	Keine Verbrennung von stofflich verwertbaren Abfällen 2045 keine Abfallverbrennung außerhalb der Industrie	
	Energie(rück)gewinnung	Nicht verwertbare Abfälle werden in Zementwerken oder Industriekraftwerken verbrannt (mit CCS)	Nicht verwertbare Abfälle durch Pyrolyse verwertet (H ₂ -Gewinnung)
	Gefährliche Abfälle	Vernichtung von gefährlichen Abfällen weiterhin durch Verbrennung (ggf. mit CCS) (2 %)	
Kreislaufwirtschaft	Ökodesign	starke Fokussierung auf Ökodesign zur Erleichterung des Recyclings	Fokussierung auf Ökodesign zur Erleichterung des Recyclings
	Sortierung	Vollständige Umsetzung der Getrenntsammlung. Größtmögliche Sortierquoten bei Gemischtabfällen	
	Recycling	Ambitionierte Recyclingquoten für Kunststoffe, Stahl, etc., höchstmögliche Rezyklatquoten	Hohe Recyclingquoten für Kunststoffe, Stahl; hohe Rezyklatquoten
Abwasserwirtschaft	Rückgang	Rückgang der abflusslosen Gruben im ländlichen Raum (u. a. durch Landflucht). Anschluss von Haushalten an öffentliche Abwasserinfrastruktur	

Segment		Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr grüne Brenn- stoffe“
		Rückgang der N-Fracht durch protein-ärmere Ernährung	keine Veränderung
	Klärgas	Fokus auf Verstromung des Klärgases (Bereitstellung Regelstrom)	Fokus auf Einspeisung von Klärgas und Plasmalyse von Abwasser
	Klärschlamm	Monoverbrennung von Klärschlamm mit P-Rückgewinnung	Pyrolyse von Klärschlammrückständen

Die anfallenden **Abfallmengen** haben einen großen Einfluss auf die Klimabilanz der Brandenburger Abfallwirtschaft und wurden hier nach Repenning et al. (2015) szenarioübergreifend als sinkend angesetzt. Dies ist maßgeblich auf eine stärkere Fokussierung der Abfallvermeidung in den kommenden Jahren zurückzuführen. Das steigende Bewusstsein für Abfallvermeidung der Konsumenten und ein stärkerer Fokus auf ein besseres Ökodesign von Produkten unterstützt diesen Trend zusätzlich, sodass es letztlich bis 2050 zu einer Verringerung der Siedlungsabfälle kommt. Durch die sukzessive Weiterentwicklung der Produktionstechnologien in der Industrie wird angenommen, dass die Materialeffizienz in Zukunft weiter steigt, wodurch auch aus diesem Sektor ein verringertes Abfallaufkommen zu erwarten ist. Zusätzlich wird durch Ökodesign in vielen Produkten deren Recycling deutlich erleichtert, was sich positiv auf die Kreislaufwirtschaft und weiter sinkende Abfallmengen auswirkt. Bestimmte gefährliche Abfälle (z. B. infektiöse medizinische Abfälle) müssen auch in Zukunft beseitigt werden, weshalb hier von einer Stagnation der (geringen) Mengen ausgegangen wird.

Bei der **Deponierung** bestehen ebenfalls Gemeinsamkeiten zwischen den Szenarien. So wird angenommen, dass in beiden Fällen keine verwertbaren Abfälle mehr deponiert werden, was zum einen die Menge an Ablagerungen deutlich vermindert. Die Altablagerungen, besonders aus den sogenannten „Siedlungsabfalldeponien“ stoßen allerdings auch weiterhin Treibhausgase aus. Diese Aktivität verringert sich jedoch durch den Abbau der in den Altkörpern befindlichen Organik kontinuierlich und es wird eine fast vollständige Ausgasung bis 2045 angenommen. Bei den zusätzlichen Maßnahmen zur Minderung der Emissionen aus Altdeponien unterscheiden sich die beiden Szenarien leicht, worauf in den folgenden Unterkapiteln zu Szenario I und II eingegangen wird. Da der biologische Prozess der Organikzersetzung in den Deponiekörpern in geringem Umfang auch über 2045 hinausgeht, sind Restemissionen auf geringem Niveau unvermeidbar.

Der **Abfallverbrennung** kommt in beiden Szenarien eine abnehmende Bedeutung zu. In beiden Fällen wird die Verbrennung von stofflich verwertbaren Abfällen eingestellt. Nicht-verwertbare Abfälle werden in den Szenarien unterschiedlichen Wegen zugeführt. Sowohl die Verbrennung in Zementwerken und Industriekraftwerken als auch die Behandlung mittels Pyrolyse ermöglichen eine Energierückgewinnung. Mit Hilfe der Pyrolyse kann darüber Wasserstoff aus den Abfällen bereitgestellt werden. Gefährliche Abfälle werden in beiden Pfaden aus (umwelt-)hygienischen Gründen weiterhin durch eine Verbrennung vernichtet.

Für eine erfolgreiche **Kreislaufwirtschaft** mit effektivem Recycling wird eine bessere Separationsleistung gemischter Abfälle benötigt. Eine stärkere Ausweitung der Getrennsammlung von Siedlungs- und Gewerbeabfällen ist dafür die Grundlage und wird in beiden Szenarien angenom-

men. Dies vereinfacht die anschließende Sortierung der Wertstoffe und Aussortierung von Fehlwürfen im Nachhinein. Weiterentwicklungen in den Sortierungstechnologien, bspw. durch sensiblere Sensorik wird ebenfalls über beide Szenarien angenommen.

In der **Abwasserwirtschaft** wird in beiden Szenarien ein Trend zur zentraleren Abwasserbehandlung angenommen. Durch Landflucht kommt ländlichen abflusslosen Gruben weniger Bedeutung zu. In den Fällen, wo es sich wirtschaftlich lohnt, wird zudem die Abwasserinfrastruktur auf ländliche Bereiche ausgedehnt. Hierdurch werden unkontrollierte Emissionen verringert und bisher weitgehend unbehandeltes Abwasser eingefangen.

Die Minimierung der Treibhausgasemissionen in allen Subsektoren und somit im gesamten Abfallwirtschaftssektor hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab. Zum einen bestimmt die Abfallmenge, vor allem fossile Abfälle, wie viel Emissionen überhaupt entstehen können. Zum anderen beeinflussen eine konsequente Abfalltrennung, die richtige Abfallbehandlung und neue Technologien die spezifischen Emissionsfaktoren der Abfallbehandlungsanlagen. Die Umweltbilanz wird demzufolge durch eine generelle Abfallvermeidung, aber auch durch eine Reduktion der CO₂-Emissionen pro kg behandeltem Abfall verbessert.

Die hauptsächliche Unsicherheit bei der Entwicklung des Klimaeinflusses der Abfallwirtschaft liegt in der Entwicklung der Abfallmengen und deren Behandlungswegen, inklusive deren Recyclingfähigkeit. Diese Entwicklungen hängen maßgeblich von gesellschaftlichen, industriellen und regulatorischen Entwicklungen ab, deren genaue Ausgestaltung und Wirkung derzeit nur schwer vorhergesagt werden kann. So hängt der Umfang einer Kreislaufwirtschaft beispielsweise stark von den Vorgaben für die Recyclingfähigkeit der industriell hergestellten oder importierten Produkte ab. Ökodesign und einheitliche Materialstandards auf internationaler Ebene sind ein Schlüssel für ein erfolgreiches Recycling. Sollten hier jedoch keine Nachbesserungen auf höherer Ebene erfolgen, stellt dies ein deutliches Hemmnis für die Erfüllung der hier gewählten Szenarioausprägungen der Abfallwirtschaft dar.

3.6.2 Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

Das Szenariodesign sowie die Reduktionsannahmen für das Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ basieren maßgeblich auf Prognosen aus dem GreenLife-Szenario (Dittrich et al. 2020)¹¹⁵, Trendauswertungen aus offiziellen Statistiken sowie dem Austausch mit dem zuständigen Fachressort und Hinweisen aus dem Beteiligungsprozess.

Ergänzend zu den oben dargestellten übergreifenden Annahmen zu Abfallmengen und den Subsektoren Deponien, Verbrennung, Kreislaufwirtschaft und Abwasserbehandlung, zeigt die Tabelle 30 die szenariospezifischen Annahmen zu speziellen Abfallmengen und Emissionsfaktoren.

Bei der Deponierung wird im Szenario I eine zusätzliche Deponiebelüftung angestrebt. Die natürliche Zersetzung vor allem der biologischen Anteile früherer deponierter Abfälle setzt kontinuierlich Klimagas frei. Zum größten Teil werden diese bereits aufgefangen, zu einem gewissen Teil entweichen diese jedoch noch immer in die Atmosphäre. Da dies in einem anaeroben Milieu geschieht, wird hier Methan freigesetzt, welches vielfach klimaschädlicher ist als CO₂. Stattdessen könnte eine aktive Belüftung die Abbauprozesse aerobisieren, was die Folge hätte, dass statt Methan lediglich CO₂ emittiert wird. Ggf. könnten die Abbauprozesse im Deponiekörper dadurch

¹¹⁵ Das Greenlife-Szenario aus Dittrich et al. (2020) ähnelt dem Szenario I hinsichtlich des Effizienz-/Suffizienzansatzes und einer stärkeren Fokussierung auf Strom als Energieträger im Gegensatz zu Gas.

auch beschleunigt werden und das dabei entstehende CO₂ könnte zusätzlich aufgefangen und mit CCS oder CCU gespeichert werden.

Tabelle 30: Mengen und Emissionsfaktoren im Szenario I – KSG-Sektor Abfallwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung.

Segment	2030	2040	2045
Deponien (Neudeponierung und Altdeponien)			
Abfallmenge	sinkt	sinkt stark	gegen 0
Emissionsfaktor	sinkt stark	gegen 0	gegen 0
Verbrennung			
Abfallmenge	sinkt stark	gegen 0	gegen 0
Emissionsfaktor	sinkt	sinkt	sinkt
Kreislaufwirtschaft (MBA)			
Abfallmenge	steigt	stagniert	sinkt
Emissionsfaktor	sinkt	sinkt	sinkt
Kreislaufwirtschaft (Biologische Abfallbehandlung)			
Abfallmenge	steigt leicht	steigt leicht	steigt leicht
Emissionsfaktor	stagniert	sinkt leicht	sinkt leicht
Abwasserbehandlung			
Abfallmenge	stagniert	stagniert	stagniert
Emissionsfaktor	stagniert	sinkt leicht	sinkt leicht

Die Hauptursache für die hohen THG-Emissionen in der Abfallverbrennung sind Abfälle aus fossilen Materialien. Der größte Teil davon sind Kunststoffabfälle in verschiedenen Formen und Produkten. Die Reduktion und das Recycling von Kunststoff sind daher die wichtigsten Aufgaben in diesem Bereich. Die Mitverbrennung in Industriekraftwerken spart zwar konventionelle Brennstoffe ein, setzt aber dennoch fossiles CO₂ frei. Dieses könnte daher mit CCS/CCU aufgefangen und gespeichert werden. Langfristig, über 2045 hinaus muss es Ziel sein, Kunststoffabfälle durch konsequente Materialstandards, Trennung und Recycling gar nicht mehr zu verbrennen.

Zentrales Instrument hierfür ist die Kreislaufwirtschaft. Szenario I setzt im Sinne von „mehr Effizienz“ den Fokus stärker auf Ökodesign, um ein effektives Recycling zu ermöglichen. Dies dehnt sich auf viele Produkte aus, um Ressourcen zu sparen und die eingesetzten Materialien leichter trennen und verwerten zu können. Ein konsequentes Ökodesign hilft, die Emissionen in Verbrennung und mechanisch-biologischer Abfallbehandlung (MBA) zu reduzieren, da viele Emissionen aus Produkten mit schwer trennbaren Verbundstoffen stammen. Auch ermöglicht ein ökologisches Design die einfachere Reparatur komplexer Produkte. Kombiniert mit einer Förderung für das hochwertige Recycling inkl. Zerlegung, Sortierung und Aufbereitung solcher Produkte lassen sich viele besonders klimaschädliche Abfälle vermeiden. Für die konsequente Durchsetzung werden im Szenario I sehr ambitionierte Recyclingquoten angenommen. Um für recycelte Materialien einen entsprechenden Markt zu fördern, wird der Recyclateinsatz in der Produktion auf das technische Maximum hochgefahren.

Durch Berücksichtigung von Suffizienzansätzen wird im Szenario I nach Dittrich et al. (2020) eine in Zukunft proteinärmere Ernährung der Bevölkerung angenommen. Dies kann zu deutlich geringeren Stickstofffrachten im Klärwasser führen, was sowohl die Klärwerke entlastet als auch Lachgasemissionen verringert. Das durch die Klärschlammfäulung entstehende Klärgas wird zur Bereitstellung von Regelstrom verstromt und das CO₂ mit CCS aufgefangen oder in CCU-Produkten

verwertet. Klärschlämme werden im Sinne der überarbeiteten Klärschlammverordnung in Mono-klärschlammverbrennungsanlagen energetisch verwertet, in denen ebenfalls entsprechende Technologien zur CO₂-Speicherung vorausgesetzt werden. Nach der Verbrennung wird Phosphor aus der Klärschlammasche rückgewonnen.

3.6.3 Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“

Das zweite Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ setzt im Unterschied zum Szenario I und angelehnt an Dittrich et al. (2020) (Szenario GreenEe) etwas weniger auf Ressourceneffizienz, Kreislaufwirtschaft und Suffizienzansätze und demgegenüber verstärkt auf (andere) technologische Lösungen, um mit den etwas größer angenommenen Abfallmengen umzugehen. Dadurch entwickeln sich die spezifischen Abfallmengen je Kategorie und die jeweiligen Emissionsfaktoren der Subsektoren und Abfallbehandlungsanlagen wie Tabelle 31 darstellt.

Im Szenario II kommt insbesondere der Pyrolyse, also dem thermischen Spalten von Substanzen mit gleichzeitiger H₂-Gewinnung eine höhere Bedeutung zu. Ein Beispiel für dieses technische Verfahren ist die Plasmalyse von aufgefangenem Deponiegas. Hierbei wird das aufgefangene Methan durch ein Hochtemperaturplasma geleitet, wodurch es sich in Wasserstoff und festen Kohlenstoff spaltet. Der Kohlenstoff kann gespeichert (und dann beispielsweise zur Bodenverbesserung eingesetzt) werden oder als chemischer Grundstoff dienen. Der gewonnene Wasserstoff kann als Brennstoff für energetische Zwecke, für verschiedene industrielle Prozesse oder als Reduktionsmittel in der Stahlerzeugung eingesetzt werden. Unter Verwendung des Kohlenstoffs wäre auch die Herstellung von synthetischen Brennstoffen denkbar. Eine zusätzliche Belüftung älterer Deponiekörper wird aufgrund der geringeren Fokussierung auf Suffizienz hier nicht angestrebt.

Tabelle 31: Abfallmengen und Emissionsfaktoren im Szenario II – KSG-Sektor Abfallwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung.

Segment	2030	2040	2045
Deponien			
Abfallmenge	sinkt	sinkt stark	gegen 0
Emissionsfaktor	sinkt	gegen 0	gegen 0
Verbrennung			
Abfallmenge	stark	sinkt stark	gegen 0
Emissionsfaktor	sinkt	sinkt	gegen 0
Kreislaufwirtschaft (MBA)			
Abfallmenge	steigt	stagniert	sinkt
Emissionsfaktor	sinkt	sinkt	sinkt
Kreislaufwirtschaft (Biologische Abfallbehandlung)			
Abfallmenge	steigt leicht	steigt leicht	steigt leicht
Emissionsfaktor	stagniert	sinkt leicht	sinkt leicht
Abwasserbehandlung			
Abfallmenge	stagniert	stagniert	stagniert
Emissionsfaktor	stagniert	sinkt leicht	sinkt leicht

Bei der Abfallverbrennung wird die Mitverbrennung des Abfalls in Industriekraftwerken im Gegensatz zum Szenario I etwas länger betrieben. Der Substitution anderer (fossiler) Brennstoffe wird

hier ein größerer Nutzen zugerechnet. Zusätzlich werden aber auch hier die Pyrolyseverfahren stärker vorangetrieben. In der Kreislaufwirtschaft wird ebenfalls auf eine Stärkung des Ökodesignansatzes gesetzt. Aufgrund des weniger stark ausgeprägten Rohstoffeffizienzansatzes, fällt diese allerdings weniger weitreichend aus. Ähnliches gilt für Recycling- und Rezyklatquoten.

Die Ernährungsumstellung zur Erleichterung der Abwasseraufbereitung wird im Szenario II nicht angenommen. Im Gegensatz zum Szenario I wird hingegen verstärkt auf die Technologie der Schmutzwasserplasmalyse gesetzt. Hierbei wird der hauptsächlich in Ammonium vorliegende Stickstoff durch eine Trennung der NH_4 Verbindung entfernt und Wasserstoff als grüner Brennstoff gewonnen. Das aus der Klärschlammfäulung entstehende Faulgas wird nicht verstromt, sondern gereinigt und in das Gasnetz eingespeist. Aus dem Klärschlamm wird mit Hilfe der Pyrolyse Phosphor rückgewonnen.

3.6.4 Vergleich und Diskussion der Szenarien

Die Abbildung 41 zeigt die Ergebnisse der oben entwickelten Szenarien nach KSG-Logik im Vergleich zueinander sowie in Bezug zum offiziellen Bilanzwert des Jahres 2020. Bei den dargestellten Szenariowerten ist zu beachten, dass diese im Unterschied zum Bilanzwert des Jahres 2020 die Emissionen aus der (Sonder-)Abfallverbrennung ohne Energiegewinnung beinhalten. Unter Berücksichtigung dieser Verbrennung liegt der Wert des Jahres 2020 in etwa bei rund 0,66 Mt CO_{2e} .¹¹⁶ Die Emissionen der Feuerung (Abfallverbrennung mit energetischer Nutzung) sind hier demgegenüber generell nicht enthalten, sondern werden in den Sektoren Energie und Industrie bilanziert.

Der Szenarienvergleich in der nachfolgenden Abbildung sowie in Tabelle 32 und Tabelle 33 zeigt, dass das erste Szenario in allen hier betrachteten Jahren leicht besser abschneidet; allerdings sind die Unterschiede nicht als signifikant einzustufen. Zudem führt Szenario I auf einen leicht geringeren Wert an verbleibenden Restemissionen in 2045. Auch in den Emissionen der unterschiedlichen Segmente dieses Sektors gibt es keine nennenswerte Differenzierung. Über alle hier betrachteten Szenarienjahre bleiben in beiden Szenarien die Emissionen der Deponierung weiterhin dominierend. Lediglich ab 2045 mit insgesamt sinkenden Emissionen steigt die relative Bedeutung der Emissionen aus der Abwasserbehandlung.

Tabelle 32: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} und Vergleich zu Zielen im Sektor Abfallwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung.

	1990*	2010*	2020*	2030	2040	2045
Szenario I	22,2	0,9	0,66	0,32	0,18	0,10
Reduktion ggü. 1990	-	-95,9 %	-97,0 %	-98,5 %	-99,2 %	-99,6 %
Szenario II	22,2	0,9	0,66	0,34	0,19	0,11
Reduktion ggü. 1990	-	-95,9 %	-97,0 %	-98,5 %	-99,1 %	-99,5 %

¹¹⁶ Die Emissionswerte für die Verbrennung ohne Energiegewinn stammen aus den Massenanteilen dieser Abfallbehandlung der LfU Daten. Die zukünftigen Emissionen leiten sich aus der Abfallmengenentwicklung von Repenning et al. (2015) und dem Emissionsfaktor für gemischte Abfälle aus Dehoust et al. (2010) ab.

* Werte nach LfU (2021).

Abbildung 41: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} von 2020 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Abfallwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung, Szenariodaten: eigene Berechnungen gemäß KSG-Bilanzmethode, Daten 2020 nach LfU (2021), *Abfallverbrennung 2020 aus eigener Berechnung.

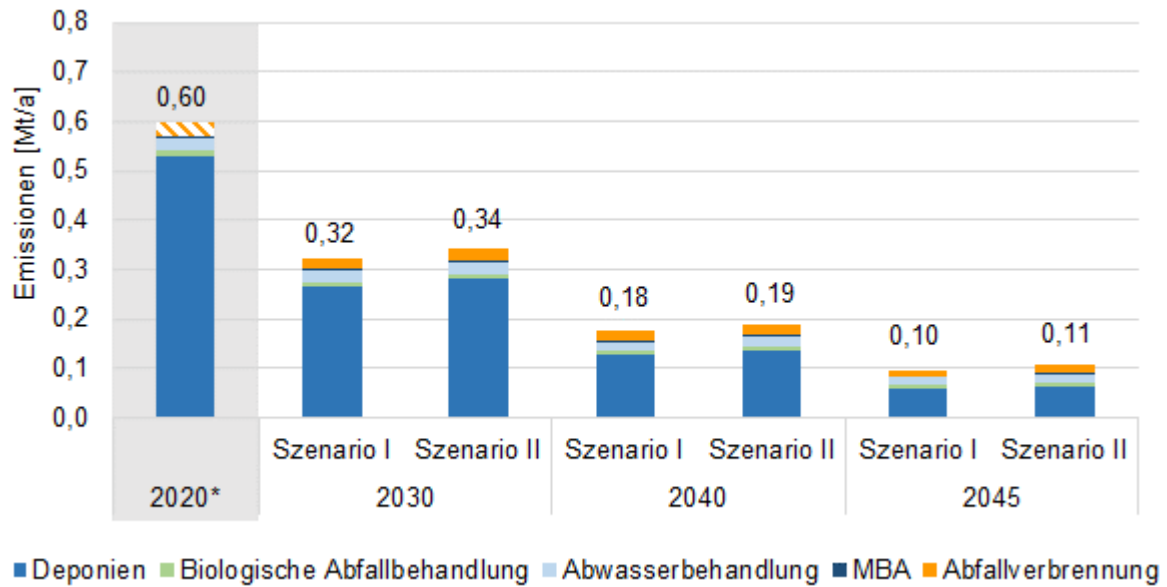


Tabelle 33: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO_{2e} von 2020 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Abfallwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung, Szenariodaten: eigene Berechnungen gemäß KSG-Bilanzmethode, Daten 2020 nach LfU (2021), *Abfallverbrennung 2020 aus eigener Berechnung.

Segment	2020	2030		2040		2045	
[Mt CO _{2e} /a]		I	II	I	II	I	II
Deponien	0,53	0,26	0,28	0,13	0,14	0,06	0,06
Biologische Abfallbehandlung	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Abwasserbehandlung	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
MBA	0,004	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002
(Sonder-) Abfallverbrennung	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Summe	0,60	0,32	0,34	0,18	0,19	0,10	0,11

Die Emissionsreduktion des Abfallsektors fand, wie bereits im Zwischenbericht (Hirschl et al. 2022) aufgezeigt, maßgeblich Anfang der 1990er Jahre statt. Schon im Jahr 2010 liegt das Emissionsniveau bei nur noch etwa einem Zwanzigstel des Emissionswertes des Jahres 1990 von 22,2 Mt CO_{2e}. Auch wenn in den LfU-Daten von 2010 und 2020 gegenüber den Szenariowerten von 2030ff der oben beschriebene Methodensprung enthalten ist, so liegen die Reduktionswerte von allen hier genannten Jahren gegenüber 1990 bereits bei etwa 95 % oder leicht darüber. Bis 2040 reduzieren sich die Werte in beiden Szenarien weiter um etwa ein Drittel. Dabei wird davon

ausgegangen, dass durch verstärkte Anstrengungen im Recycling und Ökodesign deutlich weniger Abfälle insgesamt und durch eine bessere Verwertung weniger Emissionen aus der Abfallverbrennung entstehen. Im letzten Schritt reduzieren sich die Emissionen bis 2045 weiter deutlich, da bis dahin ein Großteil der Deponieausgasung abgeschlossen ist und Recyclingtechnologien sowie die Anwendung der Pyrolyse zur Abfallbeseitigung weiter fortgeschritten sind.

Der **Vergleich der beiden Szenarien** in Bezug auf spezifische Vor- und Nachteile sowie Risiken oder Wahrscheinlichkeiten ihres Eintritts kann insofern nicht auf der Basis der hier gezeigten Quellbilanzergebnisse erfolgen, sondern muss die unterschiedlichen Annahmen und Ausprägungen der Szenarien diskutieren. Die zentralen Unterschiede in den Szenarien liegen in verschiedenen Ausprägungen bei den jeweiligen Abfallmengen, dem Grad der Kreislaufwirtschaft, sowie dem Technisierungsgrad und der Art der eingesetzten Technologien bei der Behandlung der Abfälle bzw. der im Kreislauf geführten Wertstoffe. Mit der Dimensionierung der Abfallmenge sind zudem unterschiedliche Annahmen zur Ressourceneffizienz in der Wirtschaft und dem Suffizienzverhalten privater Haushalte verbunden. Letzteres wirkt sich auch über das Ernährungsverhalten bis hin zur Zusammensetzung des Abwassers aus.

Während im ersten Szenario die Kreislaufwirtschaft und das Recycling bereits bei der Produktion bzw. dem Produktdesign ansetzen, werden im Szenario II mit eher hochtechnischen und überwiegend noch nicht kommerziell am Markt verfügbaren Technologien komplexe Verbundprodukte mit entsprechenden Verfahren aufgeschlüsselt und chemisch sowie energetisch veredelt. Vor dem Hintergrund der aktuellen regulatorischen und gesellschaftlichen Trends (zur Abfallminderung, Kreislaufwirtschaft, Recycling, etc.) werden die Ansätze und Annahmen des Szenario I in der Mehrzahl als anschlussfähiger an das oberste Ziel der Abfallhierarchie¹¹⁷ und somit als wahrscheinlicher eingestuft. Der Ansatz führt in der Konsequenz insbesondere durch die Kreislaufführung von Bauteilen auch zur Erhöhung der Versorgungssicherheit einer Vielzahl bereits heute knapper Rohstoffe. In Verbindung mit der Tatsache, dass viele der hier erforderlichen komplexen und anspruchsvollen Technologien im Bereich der Pyrolyse, Plasmalyse etc. noch in einem vergleichsweise frühen Entwicklungsstadium sind, ist das Szenario II als deutlich weniger robust und resilient im Vergleich zum Szenario I anzusehen.

Von daher wird das Szenario I für den Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges favorisiert. Dies bedeutet jedoch nicht, die stärker im Szenario II abgebildeten Technologien nicht zu entwickeln und deren Marktreife nicht zu unterstützen. Denn diese bieten neben der Produktion von Wasserstoff und anderen grünen Brennstoffen auch die Option auf eine technische CO_{2e}-Emissionssenke, die vermutlich - nicht nur in Brandenburg, sondern global - dringend zum Erreichen der Klimaneutralität benötigt wird. Daher erscheint die Integration derartiger Technologien in bestehende Wirtschaftsaktivitäten und -kreisläufe und insbesondere an Klärwerks- und Abfallbehandlungsstandorten systemisch sinnvoll und effizient. Den Hauptschwerpunkt dieses Sektors jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt primär auf die Wirksamkeit dieser Zukunftstechnologien zu setzen, bewerten wir als zu riskant.

¹¹⁷ Oberstes Ziel der Abfallhierarchie ist die Abfallvermeidung, die in Szenario I stärker im Fokus steht als in Szenario II.

3.7 Sektor Landwirtschaft

Der Sektor Landwirtschaft beinhaltet wie auch der Sektor LULUCF und im Unterschied zu allen anderen Sektoren, außer dem Bereich stationäre und mobile Feuerung¹¹⁸, ausschließlich nicht-energiebedingte THG-Emissionen. Hierbei gehen Methan (CH₄), direktes und indirektes Lachgas (N₂O) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) als Treibhausgase in die Bilanzierung ein. Direkte Stickstoffemissionen (u. a. das hier betrachtete Lachgas) entstehen auf landwirtschaftlichen Flächen, vor allem durch Einträge aus organischen und mineralischen Düngemitteln und Umsetzung (Nitrifikation und Denitrifikation) von Pflanzenreststoffen bei der Bewirtschaftung organischer Böden. Zu den indirekten Stickstoffemissionen zählen die atmosphärische Deposition von reaktiven Stickstoffverbindungen aus landwirtschaftlichen Quellen sowie die Lachgasemissionen aus der Auswaschung und dem Oberflächenabfluss gedüngter landwirtschaftlicher Flächen. Nach der KSG-Struktur werden dem Sektor die THG-Emissionen der Landwirtschaft und der stationären und mobilen Feuerung zugeordnet. Letztere sind nicht Teil der CRF-konformen Berichterstattung für die Landwirtschaft im Rahmen des Nationalen Inventarberichts zum deutschen Treibhausgasinventar (UBA 2021b), sondern sind dort in 1.A.4.c unter Sonstige (Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land-, Forstwirtschaft und Fischerei) im Bereich Verbrennung von Brennstoffen in der Energie beinhaltet.

3.7.1 Aktualisierung der Datengrundlage

Wie im Zwischenbericht zum Klimaplangutachten im Abschnitt 3.8.3 beschrieben, erfolgte die Berechnung des Referenzszenarios, d. h. der ableitbaren Trendentwicklungen der Landwirtschaft wesentlich auf der Basis der jeweils aktuellen Submission des Thünen-Instituts als Teil des Nationalen Inventarberichtes der Bundesregierung.¹¹⁹ Die im Zwischenbericht zum Klimaplangutachten (Hirschl et al. 2022) im Herbst/Winter 2021 berechneten Referenzszenarien basierten auf der Thünen-Submission des Jahres 2021 mit dem Jahr 2019 als letztem Berichtsjahr. Im Mai 2022, also in der Laufzeit dieses Gutachtens, veröffentlichte das Thünen-Institut die Submission 2022 mit 2020 als letztem Berichtsjahr. Die berichteten Daten für Deutschland sowie die für das Land Brandenburg regionalisierten Daten unterscheiden sich deutlich. Aus diesem Grund hat das MLUK als Auftraggeber für dieses Gutachten einen zusätzlichen Auftrag erteilt, so dass die im Zwischenbericht zum Klimaplangutachten (ebda.) veröffentlichten Referenzszenarien für die beiden Sektoren Landwirtschaft und LULUCF auf dieser neuen Grundlage neu berechnet wurden. Abweichend von der Darstellung in allen anderen Sektoren werden darum in diesem Kapitel zunächst die aktualisierten Referenzszenarien als Ergebnis dieser Neuberechnung vorgestellt.

Insgesamt führen die Änderungen von Methoden und Daten im Vergleich zur Submission 2021 im Landwirtschaftssektor zu geringeren Gesamtemissionen (-390 Tsd. t CO_{2e}). Eine genaue Beschreibung der Änderungen findet sich in Vos et al. (2022). Wesentliche Verbesserungen ergeben sich demnach aus der Verwendung der aktuellen Daten aus der Landwirtschaftszählung

¹¹⁸ Unter stationäre und mobile Feuerung werden die energiebedingten Emissionen aus der Verbrennung zur Wärmeerzeugung für Landwirtschaft und Gärtnereien in kleineren und mittleren Feuerungsanlagen sowie die landwirtschaftlichen Fahrzeuge und mobile Maschinen in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft verstanden. Diese leiten sich in diesem Gutachten aus den sonstigen Verbrennungen von Brennstoffen des GHD-Anteils ab (siehe Kapitel 2.2).

¹¹⁹ Im Unterschied zur Trendableitung aus dem Zwischenbericht, erfolgt im neuen Referenzszenario in der Landwirtschaft eine gleichbleibende Energiepflanzenvergärung (Lagerung, Ausbringung) im Gegensatz zum zehnjährigen, zunehmenden Trend.

2020 (10-Jahres Turnus), u. a. zu Tierzahlen, Weidezeiten, Haltungssystemen und demzufolge auch Ernterückständen, sowie der Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung. Weiterhin werden neue Tier 2 Emissionsfaktoren statt der IPCC Defaultwerte für die direkten Lachgasemissionen bei der Nutzung landwirtschaftlicher Böden verwendet. Hierdurch ergeben sich geringere Lachgasemissionen bei der Ausbringung von Mineral-, Wirtschaftsdünger, Klärschlamm und Gärresten, sowie beim Weidegang und Ernterückständen. Die Methanemissionen aus der Verdauung in der Tierhaltung sind hingegen gestiegen. Grund dafür ist eine grundsätzliche Änderung des Mutterkuhmodells mit angepassten Energiebedarfen. Zudem werden die Emissionen aus Böden seit dieser Submission auf Kreisebene statt auf Bundeslandebene berechnet. Weiterhin wurden durch den Sektor LULUCF aktualisierte Aktivitätsdaten einbezogen, dies betrifft u. a. die Flächen der bewirtschafteten organischen Böden. Die Änderungen im LULUCF Sektor werden in Abschnitt 3.8 beschrieben.

Tabelle 34: Vergleich der Thünen Submission 2021 und 2022 für den Sektor Landwirtschaft

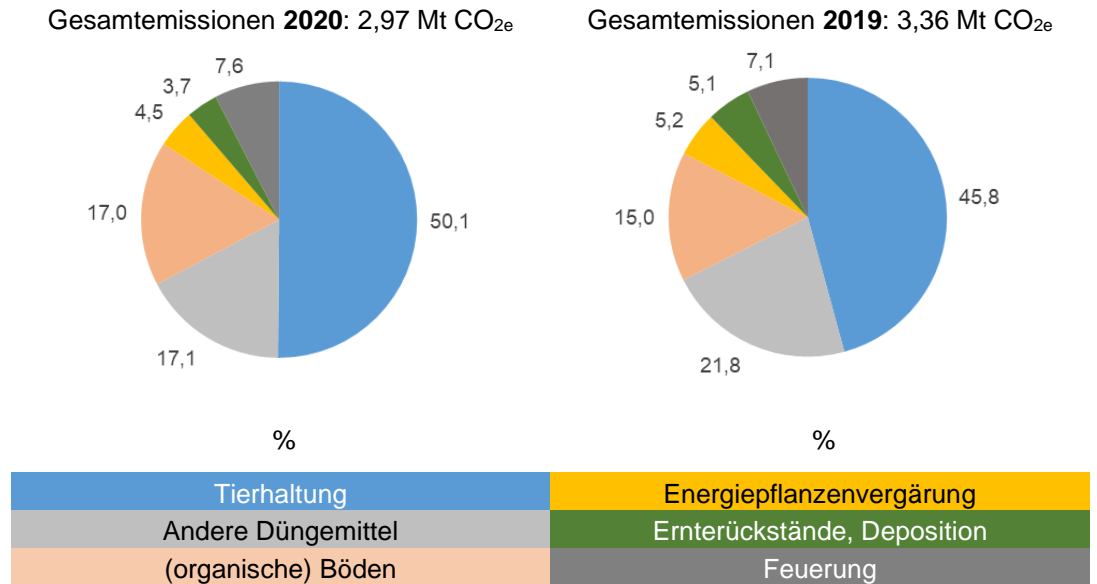
Quelle: Eigene Darstellung nach Daten des Thünen-Instituts (Thünen 2021b; Thünen 2022b) und Feuerung nach und LfU (2021), AfS BBB (2019a), UBA (2021c).

Subkategorie	THG	Submission 2021 Für 2019		Submission 2022 Für 2020	
		Mt CO _{2e}	Prozent	Mt CO _{2e}	Prozent
Fermentation	CH ₄	1,10	32,6	1,12	37,8
Wirtschaftsdünger	CH ₄ , direkte u. indirekte N ₂ O	0,21	6,3	0,22	7,2
Mineraldüngerausbringung	direkte N ₂ O	0,38	11,2	0,17	5,7
Wirtschaftsdüngerausbringung	direkte N ₂ O	0,16	4,6	0,07	2,4
Klärschlammausbringung	direkte N ₂ O	0,00	0,0	0,00	0,0
Ausbringung von Gärresten aus Energiepflanzenvergärung	direkte N ₂ O	0,07	2,2	0,03	1,2
Weidegang	direkte N ₂ O	0,08	2,2	0,08	2,7
Ernterückstände	direkte N ₂ O	0,12	3,6	0,06	2,2
Mineralisierung	direkte N ₂ O	0,00	0,0	0,00	0,0
Bewirtschaftung organischer Böden	direkte N ₂ O	0,50	15,0	0,50	16,9
aus Auswaschung und Abfluss	indirekte N ₂ O	0,17	5,1	0,17	5,8
aus Deposition	indirekte N ₂ O	0,05	1,6	0,05	1,5
Kalkung	CO ₂	0,14	4,1	0,13	4,2
Harnstoffanwendung	CO ₂	0,03	1,0	0,03	1,0
andere C-haltige Düngemittel	CO ₂	0,01	0,4	0,01	0,4
Vergärung/Lagerung von Gärresten von Energiepflanzen	CH ₄ , direkte u. indirekte N ₂ O	0,10	3,0	0,10	3,3
stationäre und mobile Feuerung	CO ₂	0,24	7,1	0,23	7,6
Summe		3,36	100,0	2,97	100,0

Hieraus ergibt sich eine neue Verteilung der Emissionen nach den Subkategorien, wobei der Anteil der Emissionen aus der Tierhaltung nun auf über die Hälfte der Gesamtemissionen gestiegen ist.

Tabelle 35: Vergleich der prozentualen Anteile der Subkategorien der Submissionen für 2020 und 2019

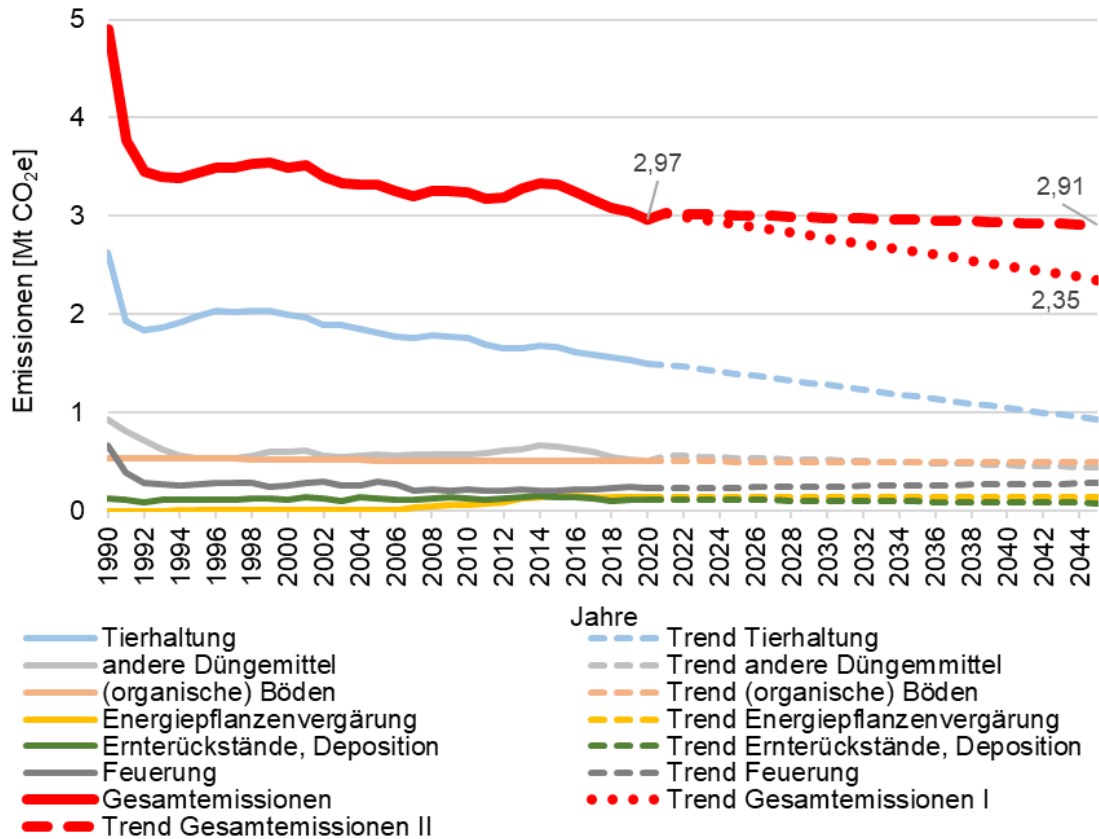
Quelle: Eigene Darstellung nach Daten des Thünen-Instituts (Thünen 2021b; Thünen 2022b) und Feuerung nach und LfU (2021), AfS BBB (2019a), UBA (2021c).



Da die THG-Emissionsdaten des Thünen-Instituts für die Jahre ab 1990 entsprechend der neuen Methodik und Eingangsdaten rückwirkend angepasst werden, ergibt sich auch ein verändertes Referenzszenario basierend auf den Trends der letzten 10 Jahre (2009 – 2020). Auf dieser Basis werden entgegen den Konventionen in den anderen Sektoren des Klimaplan Brandenburg zwei unterschiedliche Trendszenarien zu den landwirtschaftlichen Gesamtemissionen berechnet. Trend Gesamtemissionen I betrachtet den vollständigen Verlauf aller Einzeltrends summarisch, Trend Gesamtemissionen II geht von gleichbleibenden Emissionen aus der Tierhaltung auf der Basis von 2020 aus. Letzteres wird auch als Referenzszenario weitergeführt, um somit methodisch einen Rückgang der tierbezogenen Emissionen in den Zielszenarien, Handlungsschwerpunkten und Maßnahmen vollständig zu berechnen und transparent darzustellen.

Abbildung 42: Neues Referenzszenario für den Sektor Landwirtschaft basierend auf der Thünen-Submission 2022 für Brandenburg

Quelle: Eigene Darstellung nach Thünen (2022b) und Feuerung nach und LfU (2021), AfS BBB (2019a), UBA (2021c).



Zu bemerken ist, dass beide Trendszenarien einen Rückgang der landwirtschaftlichen Emissionen bis 2045 verzeichnen. Im Trendszenario I ist der Rückgang aufgrund der deutlichen, trendfolgenden Reduktion der Tierzahlen wesentlich größer. Das Trendszenario II, das Referenzszenario, erreicht eine verbleibende Gesamtemission von 2,91 Mt CO_{2e}, das Trendszenario I weist eine Restemission von 2,35 Mt CO_{2e} in 2045 auf.

3.7.2 Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen

Aktualisierung der Zielszenarien auf Basis der Thünen-Submission 2022

Die bilanziellen und methodischen Änderungen im Referenzszenario führten zur Notwendigkeit, im Gutachtenprozess die bereits erstellten und im Beteiligungsverfahren öffentlich vorgestellten Zielszenarien „Szenario I: Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ und „Szenario II: Mehr grüne Brennstoffe“ wesentlich zu überarbeiten. Im Folgenden werden für den Sektor Landwirtschaft die Szenarien abgekürzt durch „Effizienzszenario“ und „Szenario Mehr grüne Brennstoffe“, da im Szenario I die Effizienzansätze wesentlicher sind als die Elektrifizierung aufgrund des geringen Energieanteils.

Nachfolgende Darstellungen zeigen die jeweiligen Emissionsziele der Szenarien der Thünen-Submission 2021 im Unterschied zu den Szenarien mit der Submission 2022 als Grundlage. Die Berechnungsmethoden und sonstigen Annahmen bleiben dabei grundsätzlich gleich.

Tabelle 36: Emissionsziele Landwirtschaft und LULUCF auf Basis der Thünen-Submissionen 2021 und 2022

Quelle: Eigene Berechnung nach Thünen (2021b; 2022b).

Szenarien Landwirtschaft und LULUCF nach Thünen-Submission 2021		Emissionen Bestand			Referenzszenario ¹²⁰	Emissionsziele ¹²⁰			Emissionsziele (Einsparung in %) ¹²⁰		
		1990	2019	2020 121		2045	2030	2040	2045	2030	2040
		Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	% ggü. 1990	% ggü. 1990
Sektor Landwirtschaft	Effizienzscenario					3,2	2,6	2,4	40,2	51,6	55,2
	Mehr grüne Brennstoffe	5,4	3,4	3,6	3,3	3,2	2,8	2,7	40,2	47,1	49,6
Sektor LULUCF	Effizienzscenario					-0,6	-1,8	-2,4	112,7	140,8	154,9
	Mehr grüne Brennstoffe	4,5	0,7	0,1	3,5	-0,7	-2,1	-2,7	115,4	146,2	161,7
Gesamtschau LaWi/LULUCF	Effizienzscenario					2,6	0,8	0,0	73,1	92,1	100,5
	Mehr grüne Brennstoffe	9,8	4,1	3,7	6,8	2,5	0,8	0,0	74,3	92,1	100,5

Szenarien Landwirtschaft und LULUCF nach Thünen-Submission 2022		Emissionen Bestand			Referenzszenario	Emissionsziele			Emissionsziele (Einsparung in %)		
		1990	2019	2020		2045	2030	2040	2045	2030	2040
		Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	% ggü. 1990	% ggü. 1990
Sektor Landwirtschaft	Effizienzscenario					2,3	1,8	1,5	53,1	63,3	69,4
	Mehr grüne Brennstoffe	4,9	3,0	3,0	2,9	2,5	2,1	2,0	49,0	57,2	59,2
Sektor LULUCF	Effizienzscenario					0,8	-1,0	-1,5	82,0	120,9	133,0
	Mehr grüne Brennstoffe	4,7	1,2	1,8	4,8	0,8	-1,0	-1,4	82,1	120,4	130,6
Gesamtschau LaWi/LULUCF	Effizienzscenario					3,1	0,8	0,0	67,2	91,5	100,5
	Mehr grüne Brennstoffe	9,6	4,3	4,8	7,7	3,3	1,1	0,6	65,2	88,1	94,2

Die Ableitung der Zielszenarien und Emissionsziele für Brandenburg erfolgt unter Berücksichtigung struktureller Besonderheiten des Landes Brandenburg, wobei im Sektor Landwirtschaft insbesondere die Tierzahlen und landwirtschaftliche Nutzflächen einbezogen wurden. Das Szenariodesign und die zentralen Annahmen haben sich durch die im vorigen Kapitel beschriebene, neue Thünen Submission im Bearbeitungsprozess dieses Gutachtens nicht grundsätzlich geändert. Das Szenariodesign wird nachfolgend erläutert.

Ziele

Im Gegensatz zu den zuvor vorgestellten Sektoren wird für die beiden Sektoren Landwirtschaft und LULUCF das Ziel einer gemeinsamen Klimaneutralität aus dem „Fit for 55“ Paket der EU (2021) zugrunde gelegt, jedoch bis 2045. Dies folgt der Annahme, dass langfristig hauptsächlich nur noch die Sektoren Landwirtschaft und LULUCF THG-Emissionen verursachen, die durch biochemische oder geochemische Prozesse und nicht durch Nutzung fossiler Energie entstehen. Auch im Sektor LULUCF werden derzeit in Brandenburg u. a. durch die landwirtschaftliche Nutzung organischer Böden Emissionen (überwiegend CO₂) verursacht, welche mehr als doppelt so groß sind (6,28 Mt CO_{2e} siehe Sektor LULUCF), wie die der Landwirtschaft zugeordneten Gesamtemissionen (2,97 Mt CO_{2e}), dies jedoch insgesamt auf nur 12 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Emissionsminderungen in diesen beiden Sektoren sind demzufolge nicht durch

¹²⁰ Zahlen und Modellberechnungen auf Basis der Daten der Thünen-Submissionen 2021 für das Land Brandenburg. Die Implementierung der Daten der Submission 2022 führt zu einer Erhöhung der Bestandsemissionen und des Referenzszenarios. Die Emissionsziele müssen zur Zielerreichung mit weiteren Maßnahmen ergänzt werden. Das Emissionsziel 2045 bleibt demzufolge mit geringen Abweichungen gültig.

¹²¹ Geschätzt, da Ergebnisse des Bezugsjahres in der Thünen-Submission 2021 nicht vorlagen

Maßnahmen der Energiewende steuerbar, sondern durch veränderte Landnutzungsformen und -intensitäten und sind in direktem Zusammenhang zu sehen. Das Ziel der gemeinsamen THG-Neutralität bedeutet dabei, dass Restemissionen aus der Landwirtschaft und LULUCF durch zu stabilisierende und aufzubauende Senkenleistungen im Sektor LULUCF ausgeglichen werden müssen. Die beiden Szenarien unterscheiden sich demnach, anders als bei den anderen energiebasierten Sektoren, durch das Ausmaß der in der Landwirtschaft zu erreichenden Emissions-einsparungen und den gleichzeitig daraus resultierenden Anstrengungen der Emissionsminderung, Senkenstabilisierung und -aufbau im Sektor LULUCF. Die Ambitionsziele aus dem Sektor LULUCF und das Bundesziel, bis 2030 den Anteil des Ökolandbaus auf 30 % zu erhöhen, werden, mit den damit verbundenen Änderungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung, soweit abschätzbar, ebenfalls berücksichtigt.

Szenariodesign und Annahmen

Die Zielszenarien für den Sektor Landwirtschaft orientieren sich an den Subsektoren entsprechend dem Zwischenbericht und dem angepassten Referenzszenario (siehe Abbildung 42). Im Folgenden werden die Annahmen beschrieben, die in beiden Szenarien gleich getroffen wurden, dies betrifft überwiegend Effizienzannahmen.

Tierbezogene Emissionen

Im Sektor Landwirtschaft entstehen die Hälfte (2020: 1,49 Mt CO_{2e}) aller THG-Emissionen durch die Tierhaltung. Im Vergleich zum Zwischenbericht hat sich der Anteil aus der neuen Thünen Submission 2021 erhöht (vgl. Tabelle 34 und Tabelle 35). Insbesondere die Rinderhaltung trägt aufgrund der hohen Methanemissionen aus der Verdauung (1,12 Mt CO_{2e}) bei, sowie zu einem geringeren Teil (0,37 Mt CO_{2e}) die Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement, der Ausbringung und dem Weidegang. Die Szenarien-Annahmen zu den tierbezogenen Emissionen beinhalten in beiden Szenarien zunächst die Steigerung der Effizienz durch eine klimaschonende Produktion. Die Wirtschaftsdüngerausbringung wird im Folgenden bei der Nutzung landwirtschaftlicher Böden betrachtet.

Insgesamt wird landesweit eine THG-Reduktion durch Effizienzsteigerungen bis 2030 um 5 % (0,08 Mt CO_{2e}) und insgesamt bis 2045 um 11 % (0,16 Mt CO_{2e}) angenommen, die aus Einsparungen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (Stallumbau, Lagerung) sowie Effizienzmaßnahmen in der Fütterung erfolgen. Das Öko-Institut (Scheffler et al. 2021) geht bei einer bundesweiten Betrachtung bis 2045 von 10 % Einsparungen bei der Verdauung und Fütterung aus. Da sich die Tierzahlen (Großvieheinheiten, GVE) in Brandenburg (0,4 GVE/ha) im Vergleich zu Deutschland (0,7 GVE/ha) bezogen auf die landwirtschaftliche Fläche deutlich unterscheiden, werden die Reduktionspotenziale bei der Verdauung und dem Wirtschaftsdüngermanagement entsprechend um den Faktor 0,56 verringert. Der Anteil der Rinder mit Weidehaltung ist 2019 nach Zahlen des Statistisches Bundesamts (2020) in Brandenburg (2019: 40 %) im Vergleich zur Bundesebene deutlich höher (2019: 31 %). In Brandenburg sind dies fast ausschließlich die übrigen Rinder¹²², da mehr als die Hälfte (53 % bzw. 173.200 Tiere) mit einer durchschnittlichen Weidedauer von 44 Wochen im Jahr gehalten wird. Hingegen haben nur 10 % (13.800 Tiere) der Milchkühe Weidezeit, in durchschnittlich 28 Wochen im Jahr. Insgesamt machen die übrigen Rinder auch den Großteil (70 % bzw. 324400 Tiere) der gesamten Rinderbestände in Brandenburg aus. Es wird angenommen, dass die Emissionen der Weidehaltung aus Gründen des Tierwohls auf dem

¹²² Kälber, Jungrinder, Rinder >1 Jahr, sonstige Kühe.

Stand von 2020 bleiben. In der Baseline des Thünen-Instituts (Haß et al. 2020) wird für Gesamtdeutschland mit einer Einsparung von 9 % in der Tierhaltung im Zeitraum 2020 – 2030 gerechnet, dies ist bei Einbezug der Wirtschaftsdüngerausbringung vergleichbar mit den, nach den GVE pro Hektar, korrigierten Effizienzannahmen in den Szenarien (ohne Tierbestandsreduktion). Die Maßnahmen des Klimaschutzprogramms bis 2030¹²³ tragen im Bereich der Tierhaltung (Verdauung) bezogen auf Deutschland lediglich zu einer Reduktion von 0,8 % im Vergleich zu 2020 bei (Hartman et al. 2020). Entsprechend der Umrechnung anhand der GVE/ha wären dies für Brandenburg 0,5 %.

Szenario I (Effizienzscenario) beinhaltet darüber hinaus entsprechend dem Trend der letzten Jahre (2010 – 2020) abnehmende Tierbestände. Näheres dazu findet sich in Abschnitt 3.7.3.

Nutzung landwirtschaftlicher Böden

Die Emissionen aus der Ausbringung der Mineraldünger, Klärschlämme und anderer C-haltigen Düngemittel sowie der Harnstoffanwendung, Kalkung und der Emissionen aus Auswaschung und Abfluss machen 2020 17 % (0,51 Mt CO_{2e}) der Landwirtschaftsemissionen in Brandenburg aus (siehe vgl. Tabelle 34 und Tabelle 35) zuzüglich der Wirtschaftsdüngerausbringung (0,07 Mt CO_{2e}). Ziel ist daher die Verringerung der dadurch entstehenden CO₂- sowie der direkten und indirekten N₂O-Emissionen. Darüber hinaus müssen die Reduktionspotenziale (N₂O) bei der Bewirtschaftung der organischen Böden (v. a. Niedermoore) unter Ackerland und Grünland adressiert werden, deren gemeinsamer Anteil 2020 ebenfalls bei 17 % (0,5 Mt CO_{2e}) der Landwirtschaftsemissionen lag. Die Potenziale der Emissionsreduktion bei der Mineralisierung infolge des Verlusts von organischer Substanz in Mineralböden unter Ackernutzung sind sehr gering (<1 % der Gesamtemissionen) und werden mit einer Reduktion von 10 % bis 2045 durch Effizienzmaßnahmen und Erhöhung der ökologischen Landwirtschaft angesetzt. Der langfristige Humusaufbau auf landwirtschaftlichen Flächen kann hingegen als Senke wirken (siehe folgender Abschnitt und Textbox).

Bei der Bewirtschaftung organischer und mineralischer Böden bestehen **Synergien mit dem Sektor LULUCF** durch die Landnutzungsänderungen im Zuge der Wiedervernässung der landwirtschaftlich genutzten Moore, der Waldflächenvermehrung und Anlage von Feldgehölzen, Agroforstsystemen und Kurzumtriebsplantagen (KUP), die zur Kohlenstoffbindung durch Humusaufbau beitragen. Im Sektor LULUCF werden, im Gegensatz zu den in der Landwirtschaft adressierten N₂O-Emissionen, vor allem kohlenstoffbasierte Emissionen aus der Nutzung organischer Böden reduziert. Es wird angenommen, dass durch eine Umstellung der Nutzung der organischen Böden bei gleichzeitiger Wasserstandshebung bis 2045 die Lachgasemissionen im Sektor Landwirtschaft um 70 % reduziert werden können (näheres zu den Annahmen im Abschnitt 3.8). Der Forschungsstand zu Lachgasemissionen bei Wiedervernässungen ist derzeit noch nicht hinreichend geklärt. Vos et al. (2022) nehmen ab einem Grundwasserflurabstand von <10 cm an, dass es zu keinen Lachgasemissionen mehr kommt.

¹²³ Klimaschutzprogramm 2030 Maßnahmen: Senkung der Stickstoffüberschüsse einschließlich Minderung der Ammoniakemissionen und gezielte Verminderung der Lachgasemissionen, Verbesserung der Stickstoffeffizienz. Z. B. durch Umsetzung der novellierten DÜV; einer Weiterentwicklung der Stoffstrombilanzverordnung zur Reduktion der Stickstoffbilanz auf 70 kg/ha LF bis 2030 entspr. Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie; Förderung moderner Ausbringungstechniken für flüssige Wirtschaftsdünger; Umsetzung Nationales Luftreinhalteprogramm (NEC-Richtlinie); Erhöhung Anteil gasdicht gelagerter Gülle aus der Rinder- und Schweinehaltung auf 70 Prozent, u. a. durch neues Fördersystem für Biogas-Neuanlagen und gasdichte Gärrestelager, Angebote zur Anschlussnutzung von Bestandsanlagen, Abbau von Hemmnissen für Wirtschaftsdüngervergärung; ordnungsrechtliche Auflagen zur gasdichten Lagerung von Wirtschaftsdünger in großen Tierhaltungsanlagen; Förderung des Ausbaus des Ökolandbaus

Durch die Etablierung humusanreichernder Bewirtschaftungsformen, d. h. die Unterstützung der Verschiebung zu humusaufbauenden statt humuszehrenden biologischen Prozessen, kann eine positive Kohlenstoffbilanz und somit natürliche Senkenleistung gefördert werden. Wesentlich ist dabei die Erhöhung der Wurzelmasse, v. a. Tiefen- und Feinwurzeln, sowie die Aktivität der Bodenorganismen. Hierzu tragen beispielsweise die ganzjährige Bodenbedeckung, sowie der Erhalt von extensiv genutztem Dauergrünland mit Beweidung, die Umwandlung von Acker- zu Grünland und von intensiv zu extensiv genutztem Grünland sowie die Erhöhung von Agrargehölzen, Agroforst- und Permakultursystemen bei (Flessa et al. 2019). Im Zusammenhang mit der Ökologisierung der Landwirtschaft und einem größeren Anteil regenerativer Bewirtschaftungsformen, können damit Synergien zur Risikominderung der Klimawandelfolgen durch eine Verbesserung der Bodenstruktur und damit Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität entstehen. Eine Einberechnung des Senkenpotenzials bis 2045 durch Humusanreicherung ist derzeit nicht möglich, da dies von der Dauerhaftigkeit abhängt und die wissenschaftliche Grundlage zur Bilanzierung der Bodenprozesse noch nicht ausreichend ist. Eine Abschätzung, die nicht in die Szenarien eingeht findet sich in der folgenden Textbox.

Textbox: Humusaufbau durch „Carbon farming“

Die Methode „Carbon Farming“ (klimaeffiziente Landwirtschaft) bezeichnet einen **aktiven Humusaufbau** auf landwirtschaftlich genutzten Böden und somit die verstärkte Bindung von Kohlenstoff im Oberboden (Gattinger und Wiesmeier 2022). Der Ansatz beruht darauf, dass CO₂ aus der Atmosphäre entzogen oder durch organische Masse eingebracht und durch biologische Umsetzungsprozesse als tote organische Bodensubstanz (Humus) gespeichert wird, wobei die Bilanz entscheidend ist. Eine Humusanreicherung erfolgt nur, wenn der Input und die Humusbildung durch Mikroorganismen größer als die Humuszehrung durch Mineralisation und Biomasseentnahme sind. Beim Humuserhalt sind hingegen die aufbauenden und abbauenden Prozesse zumindest im gleichen Maß, eine zusätzliche Kohlenstoffanreicherung erfolgt jedoch nicht. Die Unterstützung des Humusaufbaus ist, neben dem Ziel der möglichst langfristigen Speicherung von Kohlenstoff, auch vorteilhaft für die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und des Wasserspeichervermögens durch eine verbesserte Bodenstruktur. Zudem können dadurch wichtige Pflanzennährstoffe besser gebunden und somit deren Auswaschung in Oberflächen- und Grundwasser verhindert werden. Vor allem ökologisch wirtschaftende Betriebe üben daher schon längere Zeit eine humusfördernde Landwirtschaft aus, da sie durch den Verzicht auf Mineraldünger auf ein gesundes Bodenleben und bessere Bodenfruchtbarkeit angewiesen sind.

Aufbauend auf diesen positiven Wirkungen möchte die EU-Kommission das Carbon Farming erfolgreich etablieren und die Humusanreicherung auf landwirtschaftlichen Flächen mithilfe von Zertifikaten fördern. Die Nachfrage nach sogenannten CO₂-Zertifikaten für den Aufbau von organischem Kohlenstoff (sog. „**Humuszertifikate**“) als gesellschaftlich gewünschte Leistung nimmt seitens der Landwirte und Landwirtinnen stetig zu. Durch finanzielle Förderungen sollen sie unterstützt werden, sich mit einer nachhaltigen Bewirtschaftung und Humusversorgung der Böden zu beschäftigen und somit den Humusaufbau in der Landwirtschaft zu verstärken (Wiesmeier et al. 2020). Dem Thema im Hinblick auf die Senkenleistung unter Klimaschutzaspekten sowie der teilweise damit verbundenen CO₂-Zertifizierung steht jedoch auch viel Kritik gegenüber, die sich vor allem auf Untersuchungen des Thünen-Instituts (Don et al. 2018) und auf eine Studie des BonaRes-Zentrums (Wiesmeier et al. 2020) stützt.

Wesentlicher Kritikpunkt dabei ist, dass die Kohlenstoffbindung nicht langfristig gewährleistet werden kann. Würden die landwirtschaftlichen Betriebe die Maßnahmen der Humusanreicherung beenden, wird der im Boden gespeicherte Kohlenstoff durch den Prozess der Mineralisation wieder

als CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt oder durch den Anbau stark humuszehrender Kulturen dem Kreislauf wieder entnommen.

Eine Humusanreicherung ist zudem abhängig von den Bodenorganismen und Standortbedingungen wie Bodenart, Klima und Witterung, Topographie und langfristigen Landnutzungspraktiken und nur bis zu einem bestimmten Gleichgewicht des Bodenkohlenstoffvorrats möglich. Eine generelle Übertragbarkeit von Studien ist daher ohne genaue Kenntnis und Einordnung dieser Faktoren schwierig. Dazu kommt, dass der Messbarkeit von Kohlenstoffvorratsänderungen durch die benötigten langen Zeiträume, die hohen Anforderungen der Probenahme und erforderliche Messgenauigkeit Grenzen gesetzt sind. Ob die Humuszertifikate zu einer langfristigen Förderung des Klimaschutzes beitragen, ist somit noch nicht geklärt.

Einige langfristige Maßnahmen der klimaeffizienten Landwirtschaft durch **Landnutzungsänderungen** wie Waldvermehrung auf Ackerland, Agroforstwirtschaft, Erhöhung von Landschaftselementen, die Renaturierung von Mooren und Umwandlungen von Ackerflächen in extensiv genutztes Dauergrünland zeigen neben einer potenziell langfristigen Bodenkohlenstoffbindung darüber hinaus auch eine Kohlenstoffbindung in der oberirdischen Biomasse (→ Sektor LULUCF) und haben zusätzlich positive Auswirkungen auf Ökosysteme und die biologische Vielfalt.

Ein weiteres oft diskutiertes Beispiel für die Kohlenstofffestlegung in Böden und Verbesserung der Bodenqualität ist **Biokohle** (auch Pflanzenkohle genannt). Im Zusammenhang damit wird häufig Terra Preta angeführt, eine schwarze, sehr fruchtbare Erde anthropogenen Ursprungs, die einen hohen Anteil von Biokohle beinhaltet. Durch eine nahezu sauerstofffreie Verkohlung (unvollständige Verbrennung) von Biomasse, verbleibt von dem durch Photosynthese der Atmosphäre entnommenen Kohlenstoff am Ende ein Teil als stabiler Kohlenstoff in der Restmasse. Dieser kann langsamer durch biochemische Mineralisierungsprozesse in CO₂ umgewandelt werden als der Ausgangsstoff, wobei die Stabilität mit dem Carbonisierungsgrad zunimmt. Die Verbesserung der Bodenqualität wird zumeist mit einer Vergrößerung der Partikeloberfläche und Sorptionsfähigkeit in Zusammenhang gesetzt, die Humus, Nährstoffe und Wasser besser binden könnte. Von der Wirksamkeit von Biokohle könnten daher vor allem humusarme, sandige oder stark degradierte Böden profitieren, welche in Brandenburg häufig (z. B. durch Tagebaue) vorzufinden sind (Trabelsi und Zundel 2013). Feldversuche mit Biokohle in Terra-Preta-Substraten zeigen, dass bei europäischen Böden nur ein geringer Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit erzielt werden kann (Möller und Höper 2014). Auch das Thünen-Institut kommt bei Untersuchungen zum Ergebnis, dass die Sorptionskapazität schnell erschöpft ist und es weiterer Forschung bedarf (Gronwald et al. 2016). Eine allgemeingültige Einschätzung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zum Humusaufbau aus wissenschaftlicher Sicht ist derzeit noch schwierig, da die Verwertbarkeit und Auswirkungen der Biokohle für die humusaufbauenden Bodenorganismen noch nicht ausreichend untersucht wurde. Insgesamt ist der Klimaeffekt durch die aufwendige Herstellung von Biokohle mit stabilen Kohlenstoffgehalten, insbesondere aufgrund des hohen Energieaufwands zur Trocknung und der Verbrennungstemperaturen (>450°C), sowie aufgrund der benötigten Biomassemengen und damit einhergehenden Nutzungskonkurrenzen für den flächigen Einsatz kritisch zu bewerten.

Im Folgenden wurde für die Landnutzungsänderungen im Sektor LULUCF eine Abschätzung zur potenziellen jährlichen Senkenleistung durch Kohlenstoffanreicherung im Boden getroffen, die jedoch nur als Nebenrechnung aufgeführt werden, da sie auf Durchschnittswerten basieren:

Tabelle 37: Abschätzung der mittleren CO₂-Einbindung in organischem Bodenkohlenstoff durch Landnutzungsänderungen

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf mittleren C_{org}-Aufbauwerten aus Wiesmeier et al. (2020) und Flächenänderungen aus eigenen Modellrechnungen aus dem Sektor LULUCF (Abschnitt 3.8).

	Mittlerer C_{org}-Aufbau [t C _{org} ha ⁻¹ a ⁻¹]	Mittlere CO₂-Einbindung (C _{org} zu CO ₂ Umrechnungsfaktor: 3,66) [t CO ₂ ha ⁻¹ a ⁻¹]	Fläche [ha]	CO₂-Einbindung pro Jahr [t CO ₂ a ⁻¹]
Verbesserte Fruchtfolgen und Dauerkulturen				
Anbau humusaufbauender Kulturen/Kulturen mit ausgeprägtem Wurzelsystem/mehrjährige Kulturen	0,15 bis 0,36	0,55 - 1,32	[k. A.]	[k. A.]
Jährlicher Zwischenfruchtanbau mit Gründüngung	0,32	1,17	[k. A.]	[k. A.]
Landnutzungsänderungen				
Umwandlung von Acker- zu Grünland (mineralische Böden)	0,73	2,67	[k. A.]	[k. A.]
Umwandlung von Acker- zu Grünland (organische Böden)	Erfolgt im Sektor LULUCF			
Waldvermehrung auf Ackerland (mineralische Böden)	0,79	2,89	57.000 (Szenario I)	164.730
			92.000 (Szenario II)	265.880
Agrargehölze ohne Kurzumtriebsplantagen (mineralische Böden)	0,68	2,49	31.000 (Szenario I)	77.190

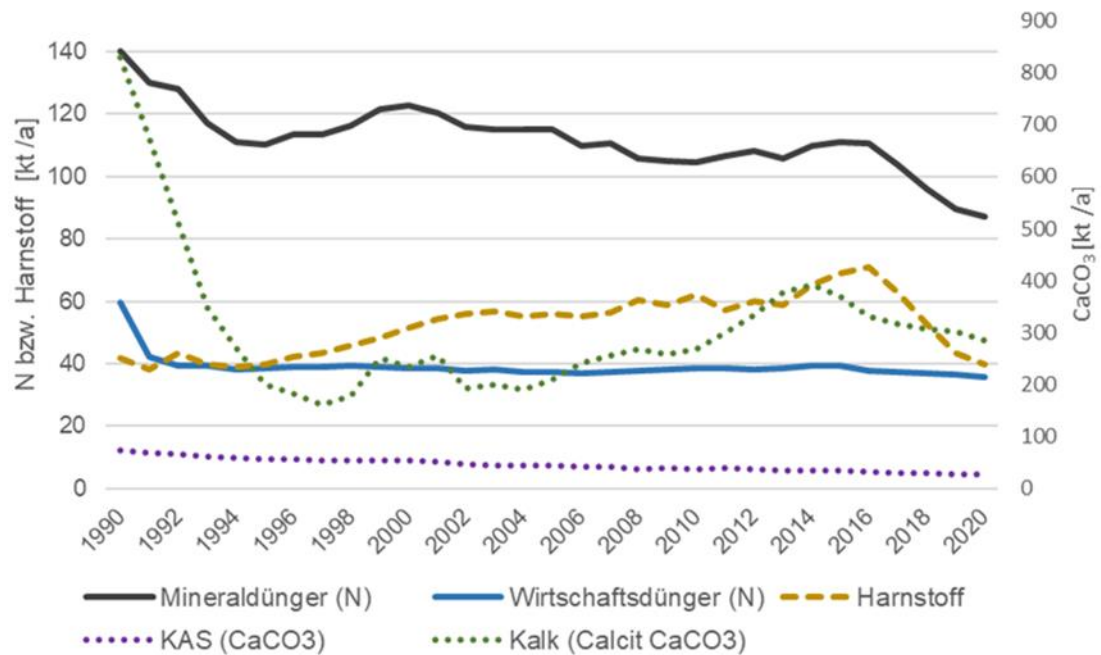
Der Handlungsspielraum für THG-Reduktionen ergibt sich bei der Nutzung landwirtschaftlicher Böden zum einen aus den hohen **Stickstoffemissionen** aus den genannten direkten und indirekten Lachgasemissionen sowie den nach dem KSG bilanziell nicht einbezogenen Ammoniak-(NH₃) und Stickoxidemissionen (NO) aus dem Düngermanagement. Zu den letztgenannten, bilan-

ziell nicht berichteten Emissionen, gibt es bereits Vorgaben aus der Düngerverordnung (DüV, novelliert 2020 und BbgDüV 2020) und Wirtschaftsdünger-Verbringungsverordnung (WDüngV 2020) zur Umsetzung der EG-Nitratrichtlinie, welche die düngemittelbezogenen Stickstoffemissionen durch Auswaschung und die damit verbundene Belastung von Grund- und Oberflächengewässer adressieren. Darüber hinaus ergeben sich Anforderungen an Düngemittel aus der Düngemittelverordnung (DüMV 2012) und an das betriebliche Stickstoffmanagement aus der Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV 2017). Weiterhin gilt die Verordnung über die nationalen Verpflichtungen zur Reduktion bestimmter Luftschadstoffe – hier wird auch Ammoniak adressiert – als Umsetzung der Vorgaben der europäischen NEC-Richtlinie. Diese gibt u. a. vor, die Ammoniakemissionen bis 2030 im Vergleich zu 2005 um 29 % zu reduzieren. Diese Vorgaben haben einen indirekten Nutzen zur Reduktion der, bei der Nitrifikation und Denitrifikation entstehenden Lachgasemissionen, da etwa 1 – 2 % der Ammoniakemissionen in Lachgas umgewandelt werden. Dies wird bei den Lachgasemissionen in der Thünen-Bilanz mittels des Modells GAS-EM für die Berichterstattung berücksichtigt. Im Rahmen dieses Gutachtens werden die genannten Vorgaben auf Grund eines vereinfachten Modells zur Bilanzierung der THG-Emissionen nicht explizit adressiert, gehen jedoch durch die aus den Bilanzdaten abgeleiteten Trends indirekt mit in die Szenarien ein. Das Minderungspotenzial der Maßnahme „Senkung der Stickstoffüberschüsse einschließlich Minderung der Ammoniakemissionen und gezielte Verminderung der Lachgasemissionen, Verbesserung der Stickstoffeffizienz“ zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 wird laut einer Studie des Thünen-Instituts (Osterburg et al. 2019) für Deutschland auf 3,5 Mt CO_{2e} pro Jahr in 2030 beziffert, wovon 0,8 Mt CO_{2e} auf die Minderung der Ammoniakemissionen zurückzuführen sind.

Der landwirtschaftliche **Düngemiteleinsatz** ist in Brandenburg in den letzten Jahren rückgängig (siehe Abbildung 43), einen wichtigen Anteil daran hat die DüV. Doch auch die klimatischen Ereignisse der letzten Jahre führen zu einem veränderten Düngemanagement. So hat die Trockenheit in der Vegetationsperiode, insbesondere auch im Frühjahr, negativen Einfluss auf die Nährstoffverfügbarkeit für die Pflanzen aus Düngemitteln. Dies bedeutet einen höheren Austrag, der durch kurze Starkregenereignisse noch erhöht werden kann und auch zu Bodenerosion führt. Geringe Niederschläge im Winter haben hingegen zur Folge, dass mehr Nährstoffe im Boden verbleiben und dadurch in der nächsten Periode weniger Düngbedarf besteht. Im Zuge des Klimawandels, ist jedoch mit einer Zunahme der Winterniederschläge zu rechnen. Zukünftig werden sich diese Effekte durch den Klimawandel häufen (Sommertrockenheit) (LfU 2022).

Abbildung 43: Anwendung von Düngemitteln in Brandenburg

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von Thünen (2022b).



Die Szenarienannahmen basieren daher zum einen auf dem Trend der letzten vier Jahre bei der Ausbringung der Mineraldünger, Harnstoff, anderen C-haltigen Düngemitteln und Kalkung. Die mit der Düngemittelausbringung verbundenen Emissionen aus der Deposition und Auswaschung können noch bis 2045 um 20 bzw. 30 % gesenkt werden (Scheffler und Wiegmann 2019). Die Ausbringung von Wirtschaftsdünger entwickelt sich entsprechend der Tierzahlen in den beiden Szenarien, wobei zusätzlich eine Einsparung durch Effizienzmaßnahmen um 10 % bis 2045 einberechnet wird. Bei der Betrachtung der Mineral-, Harnstoff und anderen C-haltigen Düngereanwendungen und Kalkung wird zusätzlich zu den Landnutzungsänderungen (Wiedervernässung, Waldvermehrung und Erhöhung der Agrargehölze) auch das Bundesziel aus dem Koalitionsvertrag, den Ökolandbau auf 30 % bis 2030 zu erhöhen, einbezogen. Dies bedeutet für Brandenburg eine Steigerung der ökologisch bewirtschafteten Fläche um 17 % im Vergleich zu 2020. Es wird angenommen, dass der Anteil Grünland und Ackerlandnutzung unter ökologischer Bewirtschaftung entsprechend der heutigen Anteile in Brandenburg (GL: 40 %, AL: 60 (Destatis 2020)) auf der verbleibenden landwirtschaftlichen Nutzfläche beibehalten wird, da es hierzu derzeit keine Strategieziele gibt. Durch diese Erhöhung und die zuvor genannten Landnutzungsänderungen werden die Emissionen aus der Anwendung chemisch-synthetischer Düngemittel und der Kalkung auf den Ackerflächen bis 2030 um 25 % (0,08 Mt CO_{2e}) im Vergleich zu 2020 reduziert. Unter Hinzunahme der damit verbundenen indirekten Reduktionen aus Auswaschung und Abfluss können bis 2030 0,1 Mt CO_{2e} eingespart werden.

Laut dem Projektionsbericht 2021 (Repenning et al. 2021) werden für Deutschland im Bereich der chemisch-synthetischen Düngemittel durch die novellierte DüV und Maßnahmen aus dem Klimaschutzprogramm 2030 insgesamt eine Reduktion von knapp 20 % angegeben, wobei Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung um 35 % und aus Harnstoff, Kalkung und KAS 3,5 % bis 2030 im Vergleich zu 2018 reduziert werden.

Energie

Die Szenarienannahmen zu den Emissionen aus der stationären und mobilen Feuerung beinhalten die Umstellung auf erneuerbare Energieträger bis 2045 sowie Einsparungen und Effizienzsteigerungen bei der Flächen- und Unterglasbewirtschaftung, Tierhaltung sowie vor- und nachgelagerten Systemen durch Präzisionslandwirtschaft, Digitalisierung und Automatisierung. Entsprechend der Annahmen im Sektor Verkehr für LKW mit über 12 t werden für die mobile Feuerung im Effizienzscenario bis 2030 knapp 80 % Dieselkraftstoffe und 14 % (Effizienzscenario) bzw. 12 % (Scenario „Mehr grüne Brennstoffe“) elektrische Antriebe eingesetzt. 2045 erfolgt die Energieversorgung zu 85 % (Effizienzscenario) bzw. 65 % (Scenario „Mehr grüne Brennstoffe“) durch Strom.

Im Zusammenhang mit der erhöhten Effizienz durch Photovoltaik im Vergleich zur Energiepflanzenvergärung ist damit zu rechnen, dass der THG-Anteil aus der Vergärung von Mais, Getreide oder Raps in Biogasanlagen und die Ausbringung von deren Gärresten im Effizienzscenario reduziert werden kann. Im Scenario „Mehr grüne Brennstoffe“ wird hingegen eine Beibehaltung des aktuellen Energiepflanzenanbaus und -vergärung angenommen. Bei beiden Szenarien wird angenommen, dass eine Umstellung der Bestands- und Neuanlagen, die derzeit hohe Anteile von Energiepflanzen einsetzen, auf eine höhere Verwendung von Reststoffen und Wirtschaftsdünger erfolgt. Die Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdünger können durch die Vergärung in Biogasanlagen nahezu vollständig reduziert werden und auch der Anteil durch die Gärrestelagerung kann durch eine gasdichte Abdeckung vermieden werden. Auf Bundesebene kann bei einer Steigerung des Wirtschaftsdüngereinsatzes in Biogasanlagen von aktuell ca. 21 % auf 50 % bzw. 70 % zwischen 60.000 und 180.000 t Methan pro Jahr eingespart werden (WBAE und WBW 2016). Im Effizienzscenario wird von einem reduzierten Anteil der aktuellen Energiepflanzen, jedoch von einer Zunahme von anderen nachwachsenden, mehrjährigen Reststoffen und Zwischenfrüchten ausgegangen (z. B. Klee gras, Durchwachsene Silphie, Paludikulturen). Demnach reduzieren sich die Emissionen bei der Ausbringung der Gärreste in beiden Szenarien nur geringfügig, während die Emissionen aus der verstärkten Zuführung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen im Bereich der Tierhaltung zu Reduktionen führen werden.

Unterscheidung der Szenarien

Technologische Effizienzmaßnahmen im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion in der Tierhaltung, Düngewirtschaft und beim Energieeinsatz werden in beiden Szenarien gleich angesetzt. Diese allein reichen jedoch nicht aus, um die Emissionen signifikant zu reduzieren und somit die Erfordernisse im Sektor LULUCF zu begrenzen (vgl. Abschnitt 3.8). Entsprechend dem Gutachten „Klimaschutz im Agrar- und Ernährungssystem Deutschland“ im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität (Grethe et al. 2021) liegt daher über diese Effizienzmaßnahmen hinaus das größte Minderungspotenzial in der Reduktion der Tierbestände und damit verbundenen Futteranbauflächen. Dies muss grundsätzlich einhergehen mit einer Abnahme des Konsums tierischer Produkte, da die Leakageeffekte, durch den verstärkten Import, die Emissionen nur verlagern. Gerade im Zusammenhang mit der Ernährungssicherheit und Eigenversorgung ergeben sich dabei Synergien und Zielkonflikte.

Das Szenario I (Effizienzscenario) berücksichtigt aus diesem Grund eine weitere Abnahme der Tierbestände entsprechend des Trends der letzten 10 Jahre. Weiterhin unterscheiden sich die beiden Szenarien in der Ausprägung der Landnutzungsänderungen (Waldflächenvermehrung, Erhöhung Anteil Agrargehölze und Wiedervernässung) im Sektor LULUCF und den damit verbundenen Einsparungen bei den Düngemitteln. Szenario II (Mehr grüne Brennstoffe) beschreibt den Weg zur THG-Neutralität bei stabilen Tierbeständen und gleichem Energiepflanzeninsatz und ist

dabei, wie auch das Szenario I, in direktem Zusammenhang mit LULUCF zu sehen. Die Annahmen in den beiden Szenarien für den Sektor Landwirtschaft werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 38: Übersicht über die Szenarienannahmen im Sektor Landwirtschaft

Quelle: Eigene Annahmen.

	Szenario I Mehr Elektrifizierung und Effizienz	Szenario II Mehr grüne Brennstoffe
Tierbezogene Emissionen (v. a. Rinder)	Weitgehend klimaangepasste landwirtschaftliche Produktion durch technische Effizienzsteigerungen, Fütterung etc.	
	Zunahme ökologischer Landbau	
	Trendfolgender Rückgang der Tierbestände und Wirtschaftsdünger.	Stabilisierung der Tierbestände auf dem Niveau von 2020.
	Weiterhin trendfolgend abfallender Verbrauch und Produktion tierischer Produkte.	Weiterhin trendfolgend abfallender Verbrauch tierischer Produkte bei Erhöhung der regionalen Eigenversorgung.
Stickstoffeffizienz	Umsetzung DüV, NEC; Weiterentwicklung Stoffstrombilanzverordnung, größere Steigerung der Effizienz bei Ausbringung von Düngemitteln, verbesserte Pflanzenverfügbarkeit, Zwischenfrüchte.	
Energieeffizienz (Feuerung)	Umstieg auf erneuerbare Energien, Energieeinsparungen.	
Energiepflanzenvergärung	Reduzierter Energiepflanzenanbau, Abnahme Energiepflanzenvergärung in Biogasanlagen, Zunahme Vergärung von Wirtschaftsdünger und Reststoffen z. B. aus Zwischenfrüchten, mehrjährigen Kulturen, Paludikultur.	Gleichbleibender Energiepflanzenanbau und -vergärung in Biogasanlagen, Zunahme Vergärung von Wirtschaftsdünger und Reststoffen z. B. aus Zwischenfrüchten, mehrjährigen Kulturen, Paludikultur.
Bodennutzung	Anhebung der Wasserstände auf Niedermoorstandorten und Nutzungsänderungen; Förderung von Ackerumwandlung zu Grünland, Dauerkulturen, Agroforst, KUP, etc. Deutliche Erhöhung von Landschaftselementen (Hecken, Gehölzinseln, etc.);	Umfangreichere Anhebung der Wasserstände auf Niedermoorstandorten und Nutzungsänderungen; Förderung von Ackerumwandlung zu Grünland, Dauerkulturen, Agroforst, KUP, etc. Extensivierung mechanischer Bodenbearbeitung.

	Szenario I Mehr Elektrifizierung und Effizienz	Szenario II Mehr grüne Brennstoffe
	Extensivierung mechanischer Bodenbearbeitung.	
Agri-PV	Bis 2045 großer Anstieg Agri-PV (s. Energie PV).	Bis 2045 noch größerer Anstieg Agri-PV im Vgl. Zu Szenario I (s. Energie PV).

Restriktionen und Schwierigkeiten / Besonderheiten bis 2030

Maßgeblich für die Neuausrichtung der Landwirtschaft mit einem höheren Klimaschutzbeitrag ist die europäische Gemeinsame Agrarförderung (GAP) und der dafür verbindliche nationale Strategieplan. Die neue GAP-Reform für die Förderperiode ab 2023 bis 2027 beinhaltet derzeit keine spezifischen Öko-Regelungen (Eco-Schemes) in der 1. Säule zur Reduktion von THG-Emissionen bei den beiden für Brandenburg wichtigsten Hebeln, der Tierhaltung und dem Moorschutz. Zudem ist die GAP-Reform nicht ausreichend bei der Reduktion der Stickstoffemissionen durch Düngung. Sie entfaltet daher kaum eine explizite, langfristige Steuerung für Klimaschutzmaßnahmen (Scheffler et al. 2022). „Die erzielte Minderungswirkung ist daher fast ausschließlich auf die Synergieeffekte zwischen anderen Umweltzielen (z. B. Biodiversität) und dem Klimaschutz zurückzuführen“ (ebda., S. 1). So tragen vor allem die Einsparungen bei der Mineraldüngerabgabe in Folge der Extensivierung oder das Ziel im Koalitionsvertrag den Anteil des Ökolandbaus auf 30 % bis 2030 zu erhöhen zur Emissionseinsparung bei. Die Öko-Regelungen der 1. Säule sind zudem freiwillig. Nach Grethe et al. (2021) behindert die Bindung der Öko-Regelungen an jährliche, flächenbezogene Umweltleistungen die Adressierung der Emissionen aus der Wiederkäuerhaltung und dem Wirtschaftsdüngermanagement. Für die auch mehrjährigen Maßnahmen aus der 2. Säule, wie sie beispielsweise für dauerhafte Flächenumnutzungen auf Moorstandorten benötigt werden, stehen hingegen im Verhältnis zur 1. Säule (Direktförderung) weniger finanzielle Mittel zur Verfügung, so dass hier weitere Anreize geschaffen werden müssen. Die klimapolitischen Spezifizierungen der kommenden GAP-Förderperioden sind, obwohl sie eine wesentliche Steuerungswirkung beim Klimaschutz haben, derzeit kaum prognostizierbar. Aus diesem Grund wurden für die Berechnung der Szenarien die aktuellen Steuerungsmechanismen angenommen.

3.7.3 Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

Die im vorigen Kapitel dargestellten, in beiden Szenarien gleich getroffenen Annahmen zur Effizienz und Düngemittelleinsparungen aus den Landnutzungsänderungen ergeben bis 2030 eine Reduktion um 0,38 Mt CO_{2e}, bis 2040 um 0,79 Mt CO_{2e} und bis 2045 um 0,99 Mt CO_{2e}. Langfristig liegt hingegen das größte Minderungspotenzial in der Neuausrichtung der Nutztierhaltung mit reduzierten Beständen. So zeigen auch seit langem viele Studien diese Notwendigkeit aus vielerlei Gründen. (Harthan et al. 2020) verdeutlichen, dass auch auf Bundesebene die Klimaschutzziele nicht ohne eine Reduktion der Tierzahlen erreicht werden können. Das Klimaschutzprogramm 2030 und die Nutztierhaltungsstrategie des BMEL (2019) tragen hierzu bislang nicht ausreichend bei (Grethe et al. 2021). Die Reduktion der Erzeugung tierischer Produkte muss dabei grundsätzlich einher gehen mit einer Abnahme des Konsums tierischer Produkte im Inland, da einerseits durch die Auslagerung der Produktion tierischer Lebensmittel ins Ausland sowie des wiederum notwendigen Imports die Emissionen nur verlagert werden, sogenannte klassische Leakageeffekte. Andererseits verursacht auch der Import von Dünge- und Futtermitteln nach Brandenburg,

bzw. deren Anbau in den Erzeugerländern global vor allem durch Grünlandumbruch und Entwaldung sowie die energieintensive Herstellung von Düngemitteln, hohe Emissionen (Grünberg et al. 2010), die in der Bilanz für Brandenburg im Rahmen des für den Klimaplan verbindlichen Scope 2 Ansatz nicht berücksichtigt werden. Drittens muss auch der Lebensmittelexport aus Brandenburg bei einer bilanziellen Gesamtbetrachtung berücksichtigt werden. Eine Reduktion ist auch aus Gründen der Stärkung der Selbstversorgung und aufgrund der benötigten Ressourcen, Flächen, Futtermittel, Wasser und Energie für die Produktion sowie den damit verbundenen Emissionen in Brandenburg notwendig. Diese, im Rahmen einer Scope 3 Betrachtung relevanten Emissionsauswirkungen, gehen nicht in die Szenarien des Klimaplan Brandenburg ein. Gleichwohl finden Leakageeffekte (in beide Richtungen) bei der Formulierung der Umsetzungsstrategie und der Maßnahmen Berücksichtigung.

Der (Selbst-) **Versorgungsgrad** (SVG) in Deutschland beläuft laut sich nach Angaben der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung bei Fleischprodukten auf 127 % (2020) und ist seit 10 Jahren steigend. Insbesondere bei Schweinefleisch (SVG 2020: 132 %) ist ein deutlicher Zuwachs feststellbar, während bei Rindfleisch ein SVG von nahezu 100 % gegeben ist. Neben dem reduzierten Konsum von Fleischprodukten können auch durch Alternativen für Milchprodukte Tierbestände reduziert und Emissionen vermieden werden. In Deutschland liegt der Versorgungsgrad bei Milchprodukten deutlich über 100 %, wobei bei Inlandskonsummilch in den letzten 10 Jahren ein Rückgang feststellbar ist (BLE 2021). Statistische Zahlen der SVGs tierischer Produkte liegen für Brandenburg bislang nicht vor.

Auch eine Zunahme des Konsums von pflanzenbasierten Alternativprodukten ist bereits zu beobachten und wird laut Scheffler et al. (2021), Haß et al. (2020) und Purr et al. (Purr et al. 2019) in Zukunft weiterhin zunehmen. Entsprechend der Ergebnisse des Ernährungsreports (BMEL 2022) hat sich der Bevölkerungsanteil in Deutschland, der sich vegetarisch oder rein pflanzenbasiert ernährt, zwischen 2020 und 2021 verdoppelt (5 auf 10 % vegetarisch bzw. 1 auf 2 % vegan). Über 60 % der Befragten befürworten einen gänzlichen Verzicht auf Fleisch bei der künftigen Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung und 56 % halten den verstärkten Konsum von pflanzlichen Alternativen für Fleisch für sinnvoll. Bei den 14- bis 29-Jährigen greifen bereits 17 % täglich oder mehrmals täglich zu Alternativen für tierische Produkte.

Bei dem Trend zu einer nachhaltigeren Ernährung spielen auch zunehmend **Klima- und Umweltbelange** eine Rolle bei den Konsumierenden. Vor allem die Nährstoffüberschüsse aus der Wirtschaftsdüngerausbringung und der Verlust der Biodiversität durch intensiv bewirtschaftetes Grünland sowie der hohe Anteil des Ackerlands, der für Futtermittel benötigt wird, werden kritisiert. Die europäische Farm-to-Fork Strategie setzt hier bereits wichtige Impulse im Sinne eines nachhaltigen Ernährungssystems in der Produktion, Verarbeitung und Konsum sowie gegen Lebensmittelverschwendung.

Auch die gesellschaftliche Forderung nach mehr **Tierwohl** und Tierschutz z. B. mit mehr Weidhaltung, weniger Antibiotikaeinsatz und kleineren Tierhaltungen, als auch die Missstände bei der Schlachtung und Verarbeitung werden verstärkt im gesellschaftlichen Diskurs um die Nutztierhaltung angeführt. Das daraufhin von der Bundesregierung eingerichtete Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung (Borchert Kommission) greift diese Kritikpunkte auf, bewertet die bisherigen Steuerungsansätze und gibt deutliche Empfehlungen und Finanzierungsmöglichkeiten für eine tierwohl- und umweltorientierte Neuausrichtung der Nutztierhaltung in Deutschland.

Neben der verstärkten Nachfrage nach pflanzlichen Alternativprodukten ergeben sich auch aus **gesundheitlichen Aspekten** Gründe für eine Reduktion des Konsums tierischer Produkte. So empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) eine Reduktion um mindestens 50 % von Fleischprodukten und 25 % für Milchprodukte. Die Ergebnisse der Planetary Health Studie

der Eat-Lancet-Kommission (Willett et al. 2019) empfehlen bei einer ressourcenbegrenzten Ernährung der steigenden Weltbevölkerung eine Reduktion um 48 % bei Rindfleischprodukten und um 43 % bei Schwein- und Geflügelfleischprodukten sowie um 44 % bei Milchprodukten. Auch aus der alternden Bevölkerung resultiert ein geringerer Verbrauch.

Insgesamt bestehen beim Thema Konsum und Produktion tierischer Produkte Anknüpfungspunkte zur derzeit parallel erarbeiteten Ernährungsstrategie des Landes Brandenburg, der Nachhaltigkeitsstrategie und dem Ökoaktionsplan, sowie den derzeit nur auf Bundesebene vorliegenden Nutztier-, Ackerbau- und Eiweißpflanzenstrategien. Die dringend notwendige Reduktion der Lebensmittelabfälle wird bilanziell im Sektor Abfall adressiert, hat jedoch durch die landwirtschaftliche Produktion auch Auswirkung auf die Selbstversorgungsgrade. Auch der Anteil der erzeugten Ackerfrüchte, die entsprechend der Lebensmittelgroßabnehmer „nicht-normkonform“ sind und wieder untergepflügt werden, kann einen Beitrag zur Erhöhung der Selbstversorgungsgrade sowie zur effizienteren Ressourcennutzung von beispielsweise Düngemittel und damit zur Emissionsreduktion leisten.

Die Relevanz der Tierbestandsreduktion aus den genannten Gründen wird in zahlreichen Studien hervorgehoben und findet Eingang in mehreren Szenarien. So geht die Baseline des Thünen-Instituts (2020 – 2030) von einer Reduktion der Rindfleischproduktion um 13 % und Schweinefleischproduktion um 8 % bis 2030 im Vergleich zu 2016/18 aus. Unter Einbezug veränderter Ernährungsgewohnheiten entsprechend der Planetary Health Studie erhöht sich das Reduktionspotenzial auf 23 % bei der Rindfleisch- und auf 18 % bei Schweinefleischproduktion bis 2030 (Haß et al. 2020). Zu Milchprodukten werden keine Annahmen bei Betrachtung der Ernährungsumstellung getroffen, jedoch geht die Baseline bereits von einer Bestandsreduktion um 2 % (6 % bei allen Rindern) bis 2030 aus. Das UBA veranschlagte in einer Studie für ein THG-neutrales Deutschland 2050 im Szenario bei einer Fortschreibung der bestehenden Strukturen der Landwirtschaft bereits 2013 eine Reduktion des Milchkuhbestands um 38 % und Schweinebestands um 55 % bezogen auf 2007 (Benndorf et al. 2013). Das entspricht bezogen auf 2020 einer Reduktion um 37 % bzw. 52 %. In der Studie Klimaneutrales Deutschland 2045 gehen die Autorinnen und Autoren von einer Reduktion um 5 / 19 / 26 % bei Milchkühen, um 5 / 17 / 25 % bei übrigen Rindern und um 3 / 15 / 23 % bei Schweinen für die Jahre 2030 / 2040 und 2045 im Vergleich mit 2020 aus (Prognos et al. 2021a). Die Zukunftskommission Landwirtschaft hebt als eine ihrer drei Hauptempfehlungen die Notwendigkeit der Reduktion des Konsums und der Produktion tierischer Produkte hervor und geht in ihrem Zielbild bis 2045 von einer 50 %-Reduktion des Pro-Kopf-Konsums von Rindfleisch sowie je 25 % von Schweinefleisch und Milchprodukten aus, mit der Anforderung Konsum und Produktion in gleicher Geschwindigkeit zu reduzieren (ZKL 2021).

Im Effizienzscenario wird daher über die vorgestellten Annahmen zu Effizienzeinsparung (Abschnitt 3.7.2) hinaus eine Tierbestandsreduktion entsprechend dem Trend der letzten 10 Jahre basierend auf den im deutschen Inventar für Brandenburg verwendeten Daten angenommen. Das größte Minderungspotenzial besteht bei den Rindern (2020: 91 % der tierbezogenen Emissionen ohne Weidegang) auf Grund der Methan- und Lachgasemissionen bei der Verdauung und im Wirtschaftsdüngermanagement. Weitere 5 % ergeben sich aus der Schweinehaltung, jeweils 1 % machen die Emissionen der Schaf-, Ziegen-, Pferde- und Geflügelhaltung aus.

Tabelle 39: Übersicht über die trendfolgende Entwicklung der Tierbestände im Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

Quelle: Eigene Annahmen nach Daten basierend auf (Thünen 2022b).

	2020	2030	2040	2045
	Bestand	Trendfolgende Reduktion um ... im Vgl. zu 2020	Trendfolgende Reduktion um ... im Vgl. zu 2020	Trendfolgende Reduktion um ... im Vgl. zu 2020
	Anzahl	%	%	%
Milchkühe	137.100	12	28	36
Übrige Rinder	340.200	13	31	41
Schweine	594.100	11	20	24

3.7.4 Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“

Wie bereits in den beiden vorausgegangenen Kapiteln dargestellt, beinhaltet das Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ die Annahmen zur Effizienzsteigerung (Abschnitt 3.7.2) bei Beibehaltung der Tierbestände im Gegensatz zu deren Reduktion (Abschnitt 3.7.3) und des Energiepflanzenanbaus auf dem Niveau von 2020. Die Annahmen im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ wurden bereits ausführlich beschrieben (Abschnitt 3.7.2).

Die Annahmen zum Trend der Ernährungsumstellung aus Abschnitt 3.7.3 werden berücksichtigt, jedoch wird die Umstellung aus gesellschaftlichen und weniger beeinflussbaren Gründen als weniger schnell angenommen und demnach auch ein höherer Selbstversorgungsgrad insbesondere bei Milchprodukten angestrebt, der eine Beibehaltung der Milchkuhbestände erfordert. Insgesamt steigt der Selbstversorgungsgrad bei tierischen Produkten mit einer Reduktion des Konsums.

3.7.5 Vergleich und Diskussion der Szenarien

Die Betrachtung der Ergebnisse der beiden Zielszenarien im Sektor Landwirtschaft zeigt, dass durch eine Reduktion der Tierbestände bis 2045 im Vergleich zu dem Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ zusätzlich zu den Effizienzmaßnahmen 0,4 Mt CO₂e vermieden werden. Dies bedeutet in der Folge notwendige, höher ambitionierte Reduktionen bzw. Senkenleistungen des LULUCF-Sektors im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“. Die im Abschnitt 3.8 beschriebenen, notwendigen Landnutzungsänderungen zur Stabilisierung und Aufbau der Senkenfunktion durch Waldflächenvermehrung, Wiedervernässung und Gehölzanlage im Sektor LULUCF, wurden für die beiden landwirtschaftlichen Zielszenarien bei der Ausbringung der Düngemittel und Kalkung bilanziell berücksichtigt. Bei der Gesamtbetrachtung inklusive dieser Flächenänderungen ergeben sich daher beim Szenario I Restemissionen bis 2045 in Höhe von 1,5 Mt CO₂e im Gegensatz zu knapp 2 Mt CO₂e im Szenario II. Das bedeutet eine Reduktion um 49 % (Effizienzscenario) bzw. 34 % (Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“) in Bezug auf 2020. Bezogen auf 1990 bedeuten die Restemissionen 2045 eine Reduktion um 69 % (Effizienzscenario) und 60 % (Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“). Damit sind die Reduktionsziele für Brandenburg im Vergleich zu Deutschland bis 2030 deutlich ambitionierter.

Tabelle 40: Übersicht THG-Emissionen im Sektor Landwirtschaft für die beiden Szenarien
 Quelle: Eigene Berechnung.

Sektor Landwirtschaft	1990	2020	2030	2040	2045
Szenario I Mehr Elektrifizierung und Effizienz [Mt CO _{2e}]	4,9	3,0	2,3	1,8	1,5
Reduktion zu 2020 [%]	-	-	22	40	49
Reduktion zu 1990 [%]	0	39	53	64	69
Szenario II Mehr grüne Brennstoffe [Mt CO _{2e}]	4,9	3,0	2,5	2,1	2,0
Reduktion zu 2020 [%]	-	-	17	29	34
Reduktion zu 1990 [%]	0	39	50	57	60
THG-Emissionen D KSG-Zielwerte [Mt CO _{2e}] Reduktion ggü. 1990 [%]	81	62	-	-	-
	-	70	56	-	-
		14	31		

Die Gründe für das Ambitionsniveau im Szenario mehr Elektrifizierung und Effizienz wurde bereits in den vorigen Kapiteln hergeleitet. Die Reduktion der Tierbestände im Trend ergibt sich aus dem hohen Anteil (50,1 %) der Tierhaltung an den landwirtschaftlichen Gesamtemissionen. Das Potenzial zur Reduktion der THG-Emissionen in der tierbezogenen Produktion (insbesondere CH₄ und N₂O) durch technische Effizienzsteigerungen, die im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ ohne eine Tierbestandsreduktion angesetzt werden, ist durch den Umbau von Einrichtungen oder Lagerabdeckungen kostenintensiv und daher vor allem abhängig vom Durchdringungsgrad aller beitragenden landwirtschaftlichen Betriebe (Scheffler und Wiegmann 2019). Hierbei sind daher vor allem einzelbetriebliche Lösungen zu finden, etwa durch Beratungen mittels Stoffstrombilanzierungsmodellen. Dabei können Kosteneinsparungen durch bedarfsangepasste, d. h. stickstoffoptimierte Fütterung und Zuführung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen erreicht werden (Koster und Hufschmid 2022).

Insgesamt ergeben sich neben der eingangs beschriebenen, hinsichtlich Klimaschutz unzureichenden Unterstützung durch die GAP (siehe Abschnitt 3.7.2, Restriktionen), weitere Herausforderungen.

Insbesondere vor dem Hintergrund der globalen Handelsketten ergibt sich die Forderung nach einer erhöhten Ernährungssicherheit auf Bundes- und Landesebene. Hierbei muss künftig auch die ausgewogene gesundheitsfördernde Versorgung eine wichtige Rolle einnehmen. Die Ernährungsstrategie Brandenburg gibt hierzu künftig einen Beitrag zu den Zielvorstellungen.

Verstärkend zu dem Aspekt der regionalen Ernährungssicherheit ergeben sich auch besondere Herausforderungen durch die Folgen des Klimawandels. So können Auswirkungen wie zunehmende Temperaturen und Trockenheit in der frühen Vegetationsperiode und damit verbundenen Bodenerosion und Nährstoffverfügbarkeiten, eine veränderte Niederschlagsverteilung mit höheren Niederschlägen im Winter und vermehrten Starkregenereignissen, Spätfrost, Auftreten neuer Schaderreger, aber auch eine Verlängerung der phänologischen Phasen zu Änderungen des Ertrags, dem Betriebsmitteleinsatz und damit der betrieblichen Sicherheit führen. Insbesondere die Ressource Wasser wird in Brandenburg künftig zu Nutzungskonflikten und auch Änderungen der Bewirtschaftungsformen führen. Ziele der Klimaanpassung und des Klimaschutzes können hier Synergien beinhalten.

Diese besonderen Herausforderungen in den Szenarien und Zielen für die Sektoren Landwirtschaft und LULUCF zu berechnen, ist derzeit mit Unsicherheiten verbunden. Insbesondere zur Frage der nachhaltigen und klimaschonenden Flächennutzung bei vielfältigen Ansprüchen ergibt sich ein dringender strategischer Klärungsbedarf. Potenzielle Synergien können hierbei mit den Zielen der Ernährungs- und der Energieumstellung geschaffen werden durch multifunktionelle Flächennutzungen und Einkommensdiversifizierung, beispielsweise durch Agri-PV.

Gleichzeitig kann dies jedoch auch zu Zielkonflikten mit beispielsweise dem Naturschutz, Ökolandbau und den Tierwohlbestrebungen führen, die für den Klimaschutz restriktiv wirken können. Darüber hinaus können die Maßnahmen nicht nur synergetisch wirken, sondern auch negative Kuppel-effekte befördern (Grethe et al. 2021). So bedeutet beispielsweise eine Leistungssteigerung bei Milchkühen im Sinne einer erhöhten Effizienz einen erhöhten Futtermittel- und damit Anbau- oder Importbedarf oder auch Auswirkungen auf die Tiergesundheit. Gleichzeitig kann eine Änderung der Fruchtfolge mit Zwischenfrüchten eine mehrmalige Bodenbearbeitung und damit erhöhte Emissionen und Energieeinsatz implizieren.

3.8 Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)

Der Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (engl.: landuse, landuse-change and forestry LULUCF, Common Reporting Framework Sektor 4) umfasst die Emissionen der Subsektoren nach den Landnutzungskategorien Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlungen, Sonstiges Land und Holzprodukte sowie die jeweiligen Landnutzungsänderungen zwischen den Nutzungskategorien (IPCC 2006; UBA 2021b). Bilanzgrundlage im Sektor LULUCF der Nationalen Inventarberichte (UBA 2021b; UBA 2022a), sind positive und negative CO₂-Emissionen der Kohlenstoffpools (CO₂-Quellen und CO₂-Senken) aus der ober- und unterirdischen Biomasse, dem Totholz und der Streu, den organischen und mineralischen Böden. Die Senkenfunktion wird durch die Speicherung von klimaschädlichen Gasen durch natürliche Speicherprozesse bewirkt. Allgemein spielen N₂O- und CH₄-Emissionen im Sektor LULUCF in Brandenburg eine untergeordnete Rolle. Die N₂O-Emissionen aus der Nutzung organischer Böden als Acker- und Grünland werden im Sektor Landwirtschaft betrachtet. Für Waldbrände werden seit 2010 die CH₄- und N₂O-Emissionen bilanziert.

3.8.1 Referenzszenarien auf Basis der Thünen-Submission 2022

Die Berechnung der Referenzszenarien, d. h. die Trendentwicklungen unter Berücksichtigung u. a. der ableitbaren Klimawandelauswirkungen im Sektor LULUCF erfolgt, entsprechend dem in Abschnitt 3.9.3 im Zwischenbericht beschriebenen Vorgehen, wesentlich auf Basis der jeweils aktuellen Submission des Thünen-Instituts als Teil des Nationalen Inventarberichtes der Bundesregierung. Das Thünen-Institut stellt ebenfalls für das Land Brandenburg regionalisierte Inventurdaten zu Landwirtschaft und LULUCF zu Verfügung. Die im Zwischenbericht zum Klimaplangutachten im Herbst/Winter 2021 berechneten Referenzszenarien basierten auf der Thünen-Submission des Jahres 2021 mit dem Jahr 2019 als letztem Berichtsjahr. Im Mai 2022, also in der Laufzeit dieses Gutachtens, veröffentlichte das Thünen-Institut die Submission 2022 mit 2020 als letztem Berichtsjahr. Da sich mit der Submission 2022 des Thünen-Institutes diese Grundlagendaten innerhalb der Laufzeit des Gutachtens sehr grundlegend geändert haben, hat das MLUK als Auftraggeber für dieses Gutachten einen zusätzlichen Auftrag erteilt, so dass die im Zwischenbericht zum Klimaplangutachten (Hirschl et al. 2022) veröffentlichten Referenzszenarien für die beiden Sektoren Landwirtschaft und LULUCF auf dieser neuen Grundlage neu berechnet wurden. Abweichend von der Darstellung in allen anderen Sektoren werden darum in diesem Kapitel zunächst die aktualisierten Referenzszenarien als Ergebnis dieser Neuberechnung vorgestellt.

Die berichteten Daten beider Submissionen für Deutschland sowie die für das Land Brandenburg regionalisierten Daten unterscheiden sich deutlich: Nicht nur sind die (im Zwischenbericht bereits erwarteten) Senkenverluste des Brandenburger Waldes sowie der Emissionsanstieg der Subkategorien Acker und Grünland für 2020 zu verzeichnen. Aufgrund methodischer Weiterentwicklungen wurden ebenfalls die Jahreswerte bis 1990 rückwirkend geändert.

Zu beachten ist weiterhin, dass die Angabe der CRF-Kategorie „Holzprodukte“ kein Bestandteil der für Brandenburg regionalisierten Submission des Thünen-Instituts ist, da in Deutschland keine Binnenstatistiken über den Verkehr mit Holzprodukten zwischen den Bundesländern vorliegen. Um eine Größenordnung abzuschätzen, wurde gutachterlich ein Vergleichswert anhand der Einschlagsstatistik berechnet. Im Folgenden wird diese CRF-Kategorie nicht weiter betrachtet.

Ebenso werden die stoffliche und energetische Substitution durch Holz und landwirtschaftliche Produkte gemäß geltender IPCC-Konvention nicht im Sektor LULUCF bilanziert.

Tabelle 41: Änderung der Berichtswerte für das Jahr 2019 und 2020 der beiden Thünen-Submissionen 2021 und 2022

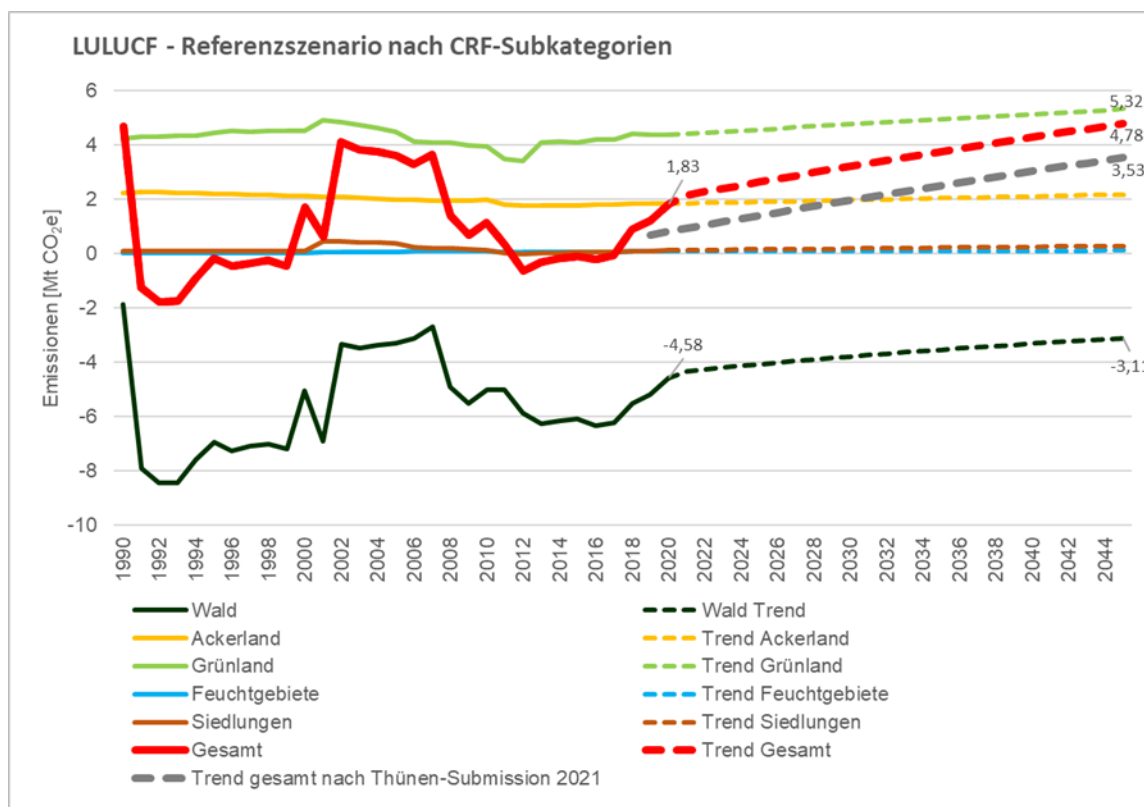
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Thünen (2021a; 2022b).

Änderung der berichteten Submissionswerte der Thünen-Submission 2021 zu 2022	Berichtswerte Thünen-Submission 2021		Berichtswerte Thünen-Submission 2022	
	2019	2020	2019	2020
CRF-Kategorie	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e
Wald	-5,62	n/a	-5,20	-4,58
Ackerland	1,80	n/a	1,84	1,85
Grünland	4,07	n/a	4,39	4,36
Feuchtgebiete	0,05	n/a	0,08	0,08
Siedlungen	0,38	n/a	0,10	0,12
Holzprodukte	0,25	n/a	0,25	0,25

Die Änderungen hatten für das Gutachten weitreichende Auswirkungen. Zunächst mussten die im Zwischenbericht bereits veröffentlichten Trendableitungen neu berechnet werden. Nachfolgende Abbildung stellt das jetzt gültige Referenzszenario nach CRF-Subsektoren dar. Der Emissionsverlauf des Referenzszenarios auf der Basis der 2021er Thünen-Submission ist zum Vergleich in grau hinterlegt.

Abbildung 44: Referenzszenario nach CRF-Subsektoren

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Thünen (2022a).



Demnach stellt der Sektor „LULUCF“ für das Jahr 2020 mit 1,8 Mt CO_{2e} eine Emissionsquelle für Brandenburg dar.¹²⁴ Tatsächlich war „LULUCF“ in Brandenburg, im Gegensatz zu der Gesamtbilanz der Bundesrepublik, seit dem Bilanzjahr 2018 eine Emissionsquelle. Damit ist das Land Brandenburg von den Zielen des Klimaschutzgesetzes¹²⁵ (KSG 2021) deutlich entfernt. Auch die Ziele die die Europäische Union im Programm „fit for 55“ mit einem Vorschlag für eine Reform der LULUCF-Verordnung formuliert hat, nämlich eine Steigerung der Senkenleistung sowie eine Kompensation der Landwirtschaftsemissionen durch LULUCF-Senken durch gemeinsame Betrachtung in einem integrierten Sektor AFOLU (Agriculture, Forestry and other Land-use) bis zum Jahr 2035 (EC 2021), werden aktuell und perspektivisch durch die Brandenburger Zahlen nicht getragen. Am 11. November 2022 erfolgte eine vorläufige Einigung über eine Novelle der LULUCF-Verordnung der EU (Rat der Europäischen Union 2022b), die für die EU ein Gesamtziel von 310 Mio. t CO_{2e} für den Nettoabbau von Treibhausgasen im LULUCF-Sektor bis 2030 festgelegt. Deutschland liegt demnach bei einem Ziel von -30.840 kt CO_{2e} /a bis 2030.

Im Trend ist zu befürchten, dass sich Brandenburg durch Klimawandel, insbesondere Niederschlagsverteilung und -verringerung und Temperaturerhöhung im Handlungsfeld „LULUCF“ sowie durch strukturelle Parameter wie bspw. die Altersstruktur der Wälder oder dem überproportional hohen Anteil an Niedermoorflächen noch weiter von den oben geforderten Senkenzielen entfernt. Im Referenzszenario liegen die Emissionen des Sektors im Jahr 2045 bei insgesamt 4,78 Mt CO_{2e}.

Die methodische Herleitung der dem Referenzszenario hinterlegten Trendberechnungen ist grundsätzlich beibehalten worden und damit im Zwischenbericht zum Klimaplangutachten dokumentiert (Hirschl et al. 2022). Die hohen Niedermooressmissionen im Land Brandenburg sind in der Emissionseinteilung auf Basis von CRF-Subsektoren jedoch nur eingeschränkt erkennbar. Aus diesem Grund erfolgte in der nachfolgenden Abbildung eine veränderte Aggregation der berechneten Emissionen, die an die naturräumliche Situation im Land Brandenburg angepasst ist und sich an den in Abschnitt 4.6 genannten Handlungsschwerpunkten orientiert. Die Subsektoren Acker, Grünland und Feuchtgebiete wurden aufgelöst und nach Bodenarten und oberirdischer Biomasse unterschieden. Damit werden hauptsächlich die Niedermooressmissionen Brandenburgs sichtbar (organische Böden Offenland).

Referenzszenario Wald

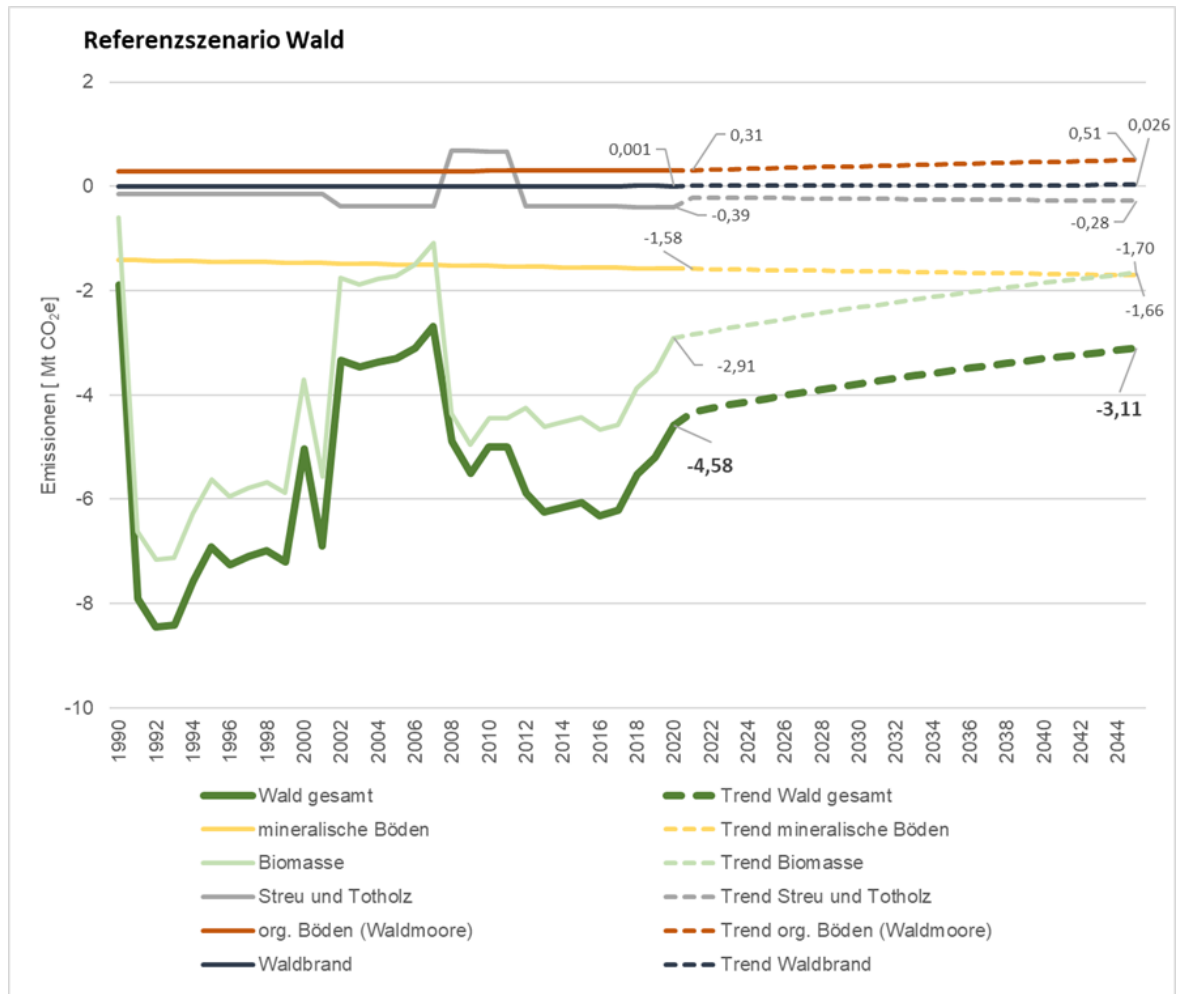
Die nachfolgende Darstellung des Referenzszenarios Wald erfolgt aufgrund der komplexen, teilweise gegenläufigen Emissionsentwicklung der unterschiedlichen Modellparameter.

¹²⁴ Thünen-Institut 2022: Regionalisierte Submission für das Land Brandenburg auf Basis UBA, climate change 24/2022, Nationaler Inventarbericht zu deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020.

¹²⁵ Reduktionsziele entsprechend KSG-Novelle 2021, § 3a, Abs. 1 „Der Beitrag des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft zum Klimaschutz soll gestärkt werden. Der Mittelwert der jährlichen Emissionsbilanzen des jeweiligen Zieljahres und der drei vorhergehenden Kalenderjahre des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft soll wie folgt verbessert werden:
1. auf mindestens minus 25 Mio. t CO_{2e} bis zum Jahr 2030,
2. auf mindestens minus 35 Mio. t CO_{2e} bis zum Jahr 2040,
3. auf mindestens minus 40 Mio. t CO_{2e} bis zum Jahr 2045.“

Abbildung 45: Referenzszenario Wald

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Thünen (2022a).



Aktuell fungiert in Brandenburg nur der Wald als CO₂-Senke, die Emissionsminderung lag im Berichtsjahr 2020 bei -4,58 Mt CO₂e. Brandenburgs Wälder werden jedoch ihre Senkenfunktion im Trend bis 2045 teilweise einbüßen. Dass die Senkenleistung der Wälder in Brandenburg und ganz Deutschland rapide abnimmt, wird auch dadurch belegt, dass das Thünen-Institut in seiner aktuellen, im Mai 2022 veröffentlichten 2022er Submission als Teil des Nationalen Klimagas-Inventarberichtes diesen Wert noch einmal deutlich nach unten korrigiert hat. Weitere Korrekturen sind durch den sichtbaren und in weiten Teilen messbaren Vitalitätsverlust der Wälder zu erwarten. Anzumerken ist ferner, dass die aktuelle Entwicklung 2022 natürlich nicht in die Bilanzierung eingeflossen sein kann. Aktuellste Hinweise zum Vitalitätsverlust der Waldbestände werden in forestwatch-de.org auf der Basis der SENTINEL-Satelliten gegeben. Im Ergebnis liegt der im Referenzszenario neu berechnete Wert bei -3,11 Mt CO₂e für das Jahr 2045. Der Zwischenbericht zum Klimaplan-Gutachten berechnete noch -3,94 Mt CO₂e. Beide Werte (2020 und 2045) gehen bilanziell von einer gleichbleibenden Gesamtwaldfläche aus. Der im Berichtszeitraum zu verzeichnende, leichte jährliche Zuwachs an Waldfläche in Brandenburg, wird für das Referenzszenario zunächst nicht eingerechnet.

Maßgeblich für den Verlust der Senkenleistung des Waldes ist der Rückgang der Kohlenstoffsequestrierung in der Biomasse um 1,25 Mt CO₂e zwischen 2020 und 2045. Dagegen spielt die Emissionszunahme der Waldmoore um 0,2 Mt CO₂e eine erwähnenswerte, aber geringe Rolle.

Wenn auch eine geringe aber doch positive Entwicklung ist in der Kohlenstoffanreicherung in mineralischen Waldböden zu verzeichnen. Diese Tendenz ist im Waldbodenbericht Brandenburg ebenfalls beschrieben worden (Riek, Winfried und Russ, Alexander 2019). Die Emissionen aus organischen Böden im Wald steigen aufgrund von Klimawandelauswirkungen bis 2045 von 0,31 auf 0,51 Mt CO₂e an. Alle weiteren Emissionspools entwickeln sich im Projektionszeitraum nur gering, bzw. spielen eine untergeordnete Rolle.

Referenzszenario organische Böden Offenland (Niedermoore)

Emissionen aus organischen / kohlenstoffreichen Böden bzw. Moor- und Anmooremissionen betreffen prinzipiell verschiedene Landnutzungen und werden grundsätzlich in den Klimagasen Kohlendioxid, Methan und Lachgas mit ihren spezifischen Emissionsfaktoren berichtet. Die Gesamtemissionen aus organischen Böden in Brandenburg und die landnutzungsspezifischen Emissionen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 42: Emissionen aus organischen / kohlenstoffreichen Böden in Brandenburg entsprechend Thünen-Submission 2022

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis Thünen (2022a).

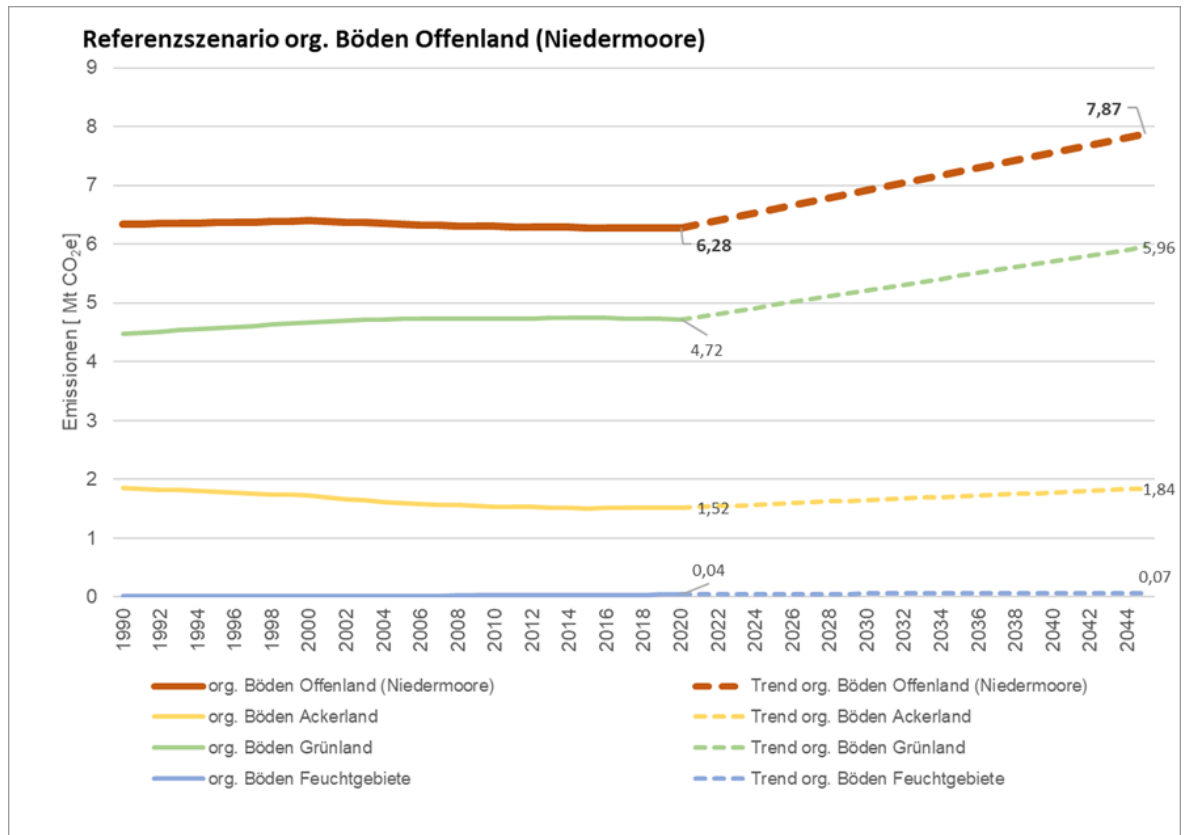
Emissionen aus organischen Böden in Brandenburg		in Mt CO ₂ e
Gesamtemissionen aus organischen /kohlenstoffreichen Böden (Mooremissionen gesamt)		7,19
davon Offenland (Ackerland, Grünland Feuchtgebiete)		6,78
	davon Lachgasemissionen (bilanziert im Sektor Landwirtschaft)	0,50
	Offenland ohne Lachgas	6,28
	davon Ackerland	1,52
	davon Grünland	4,72
	davon Feuchtgebiete	0,04
davon org. Böden Wald (Waldmoore)		0,31
davon org. Böden in Siedlungen		0,11

Neben den aus Konformitätsgründen in Sektor Landwirtschaft bilanzierten Lachgasemissionen sind entsprechend der Handlungsschwerpunkte des Klimaplan die Landnutzungsgruppen Offenland, Wald und Siedlungen betroffen. Letztere werden dementsprechend in den jeweiligen Referenzszenarien behandelt.

Im Offenland betragen die Gesamtemissionen im Jahr 2020 6,28 Mt CO₂e und steigen aufgrund von Klimawandelauswirkungen (Hitze und Trockenheit, siehe Zwischenbericht zum Klimaplangutachten) auf 7,87 Mt CO₂e im Jahr 2045 an. Der Ausgangswert der aktuellen Berichterstattung liegt damit deutlich über dem Wert der letzten Submission. Aufgrund der negativen Entwicklungen des Landschaftswasserhaushalts in Brandenburg wurde bei der Neuberechnung der Niedermooremissionen im Referenzszenario ein Abfall des durchschnittlichen Grundwasserspiegels um 15 Zentimeter bis 2045 unterstellt, eine im Gegensatz zur letztjährigen Berechnung steiler verlaufende Emissionskurve ist die Folge. Nachfolgende Abbildung zeigt den erwarteten Emissionsverlauf aus org. Böden im Offenland.

Abbildung 46: Referenzszenario organische / kohlenstoffreiche Böden im Offenland (Niedermoore)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Thünen (2022a).



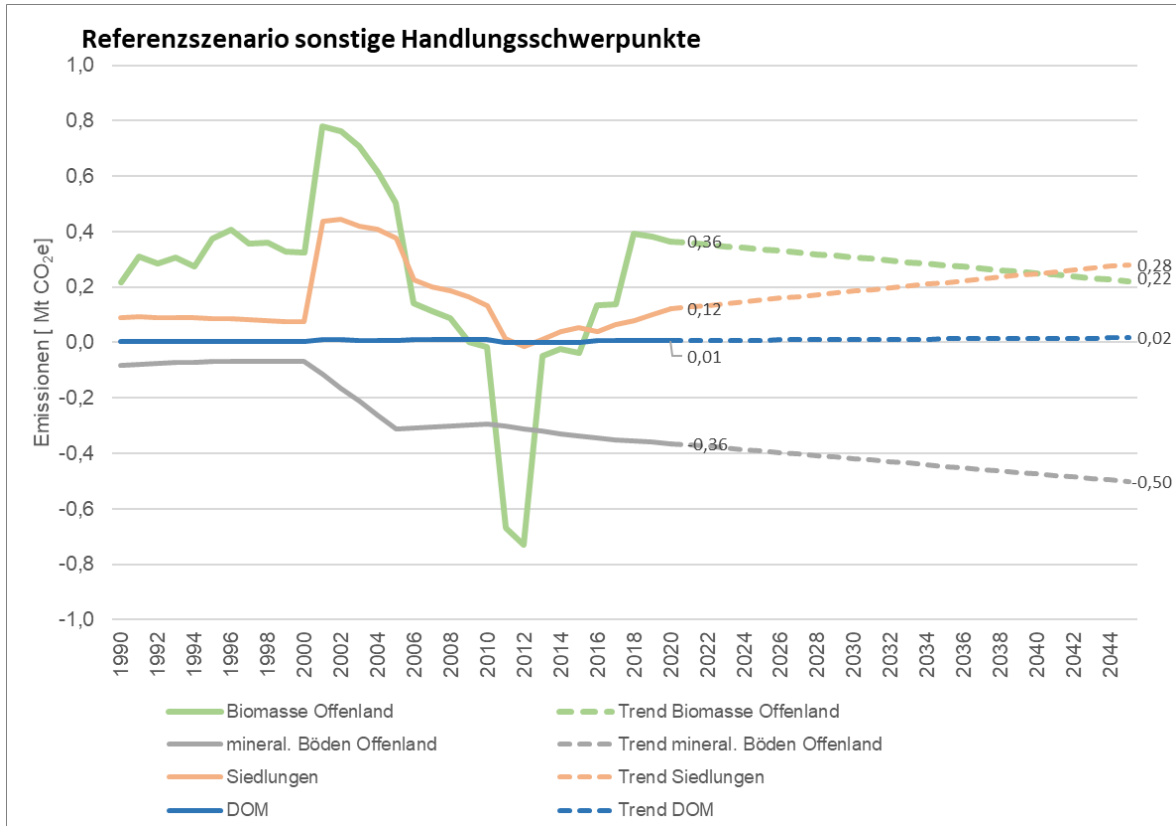
Referenzszenario zu sonstigen Handlungsschwerpunkten

Weitere Änderung der Thünen-Submission 2022 ist eine methodische Neuberechnung der Emissionen aus Biomasse mit den entsprechenden Rückrechnungen. Aufgrund der geänderten Bedeutung für die Gesamtbilanz im LULUCF erfolgt aktuell gegenüber dem Referenzszenario des Zwischenberichts eine separate Ausweisung der Offenland-Biomasse in Verbindung mit einer Neuberechnung des Emissionstrends. Diese Neuberechnung orientiert sich an der durchschnittlichen zeitlichen Entwicklung der Biomasse-Pools, zum Beispiel an der durchschnittlichen Umtriebszeit von Landschaftsgehölzen. Die Emissionen aus mineralischen Böden wurden dabei ebenfalls separat berechnet, ebenso wie die Emissionen der DOM (dead organic matter, tote Biomasse). Letztere spielt jedoch außerhalb des Waldes eine extrem geringe Rolle.

Bei der Berechnung des erwarteten Emissionsverlaufs aus Siedlungen wurde neben den Emissionen aus organischen Böden ebenfalls eine zukünftig weitergehende Flächeninanspruchnahme in Höhe von 4 ha/Tag unterstellt.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Emissionsverläufe in den Referenzszenarien. Dabei ist die im Vergleich zu den weiteren Handlungsschwerpunkten deutliche Spreizung der Ordinate zu beachten.

Abbildung 47: Referenzszenario sonstige Handlungsschwerpunkte
 Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Thünen (2022a).

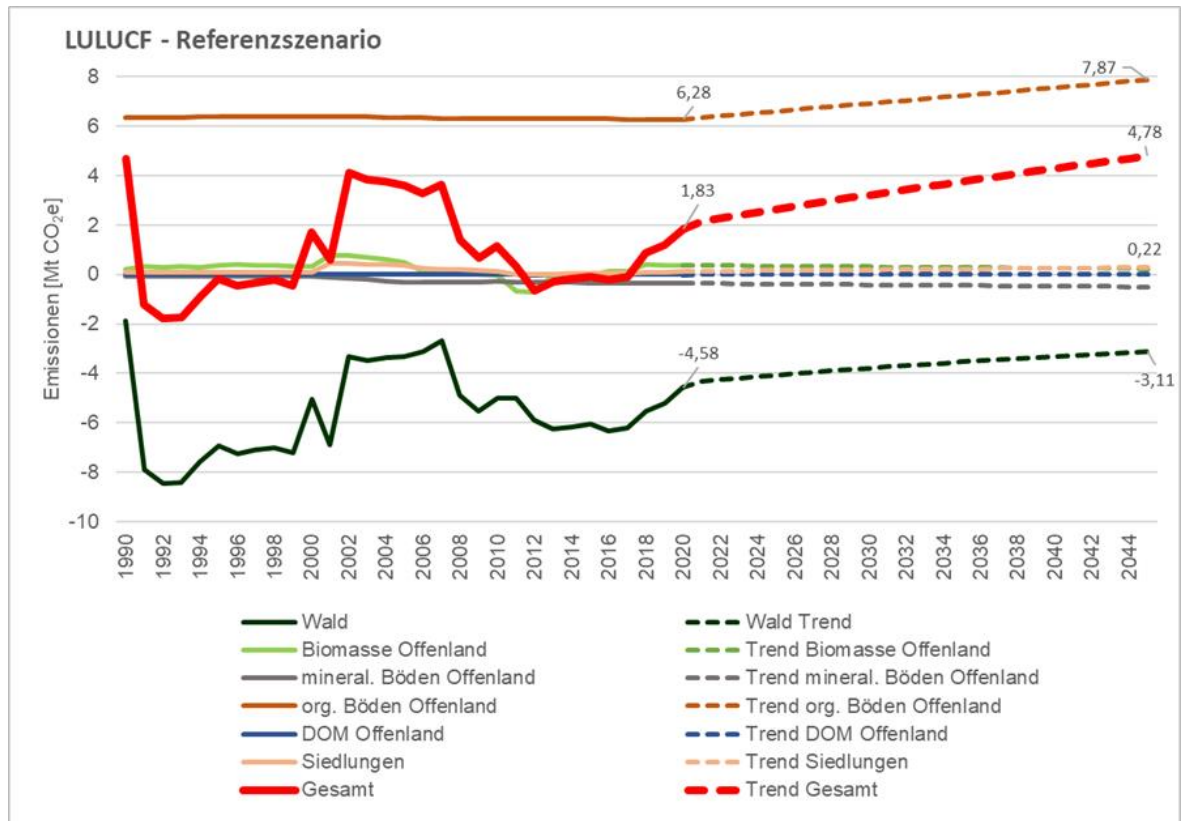


Referenzszenario LULUCF gesamt

Nachfolgende Abbildung zeigt das Referenzszenario des Sektors LULUCF in der Gesamtschau. Die Summe von 1,59 Mt CO₂e aus Niedermooremissionen des Offenlandes sowie von 1,47 Mt CO₂e aus dem Senkenverlust des Waldes übersteigt den Anstieg der Emissionen des Gesamtsektors im Projektionszeitraum von insgesamt 2,9 Mt CO₂e. Nur der Handlungsschwerpunkt zu mineralischen Böden und Offenlandbiomasse entwickelt sich leicht positiv.

Abbildung 48: Referenzszenario nach erweiterten Handlungsschwerpunkten

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Thünen (2022a).



3.8.2 Szenariodesign, zentrale Annahmen und Restriktionen

3.8.2.1 Aktualisierung der Zielszenarien auf Basis der Thünen-Submission 2022

Die bilanziellen und methodischen Änderungen im Referenzszenario führten zur Notwendigkeit, im Gutachtenprozess die bereits erstellten und im Beteiligungsverfahren öffentlich vorgestellten Zielszenarien „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ und „Mehr grüne Brennstoffe“ wesentlich zu überarbeiten.

Nachfolgende Darstellungen zeigen die jeweiligen Emissionsziele der Szenarien der Thünen-Submission 2021 im Unterschied zu den Szenarien mit der Submission 2022 als Grundlage.

Tabelle 43: Emissionsziele Landwirtschaft und LULUCF auf Basis der Thünen-Submissionen 2021 und 2022

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Thünen (2021b; 2022a).

Szenarien Landwirtschaft und LULUCF nach Thünen-Submission 2021		Emissionen Bestand			Referenzszenario ¹²⁶	Emissionsziele ¹²⁶			Emissionsziele (Einsparung in %) ¹²⁶		
		1990	2019	2020 ¹²⁷		2045	2030	2040	2045	2030	2040
		Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	% ggü. 1990	% ggü. 1990
Sektor Landwirtschaft	Effizienzscenario					3,2	2,6	2,4	40,2	51,6	55,2
	Mehr grüne Brennstoffe	5,4	3,4	3,6	3,3	3,2	2,8	2,7	40,2	47,1	49,6
Sektor LULUCF	Effizienzscenario					-0,6	-1,8	-2,4	112,7	140,8	154,9
	Mehr grüne Brennstoffe	4,5	0,7	0,1	3,5	-0,7	-2,1	-2,7	115,4	146,2	161,7
Gesamtschau LaWi/LULUCF	Effizienzscenario					2,6	0,8	0,0	73,1	92,1	100,5
	Mehr grüne Brennstoffe	9,8	4,1	3,7	6,8	2,5	0,8	0,0	74,3	92,1	100,5

Szenarien Landwirtschaft und LULUCF nach Thünen-Submission 2022		Emissionen Bestand			Referenzszenario	Emissionsziele			Emissionsziele (Einsparung in %)		
		1990	2019	2020		2045	2030	2040	2045	2030	2040
		Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	Mt CO _{2e}	% ggü. 1990	% ggü. 1990
Sektor Landwirtschaft	Effizienzscenario					2,3	1,8	1,5	53,1	63,3	69,4
	Mehr grüne Brennstoffe	4,9	3,0	3,0	2,9	2,5	2,1	2,0	49,0	57,2	59,2
Sektor LULUCF	Effizienzscenario					0,8	-1,0	-1,5	82,0	120,9	133,0
	Mehr grüne Brennstoffe	4,7	1,2	1,8	4,8	0,8	-1,0	-1,4	82,1	120,4	130,6
Gesamtschau LaWi/LULUCF	Effizienzscenario					3,1	0,8	0,0	67,2	91,5	100,5
	Mehr grüne Brennstoffe	9,6	4,3	4,8	7,7	3,3	1,1	0,6	65,2	88,1	94,2

Die Berechnungsmethoden und sonstigen Annahmen im für den Klimaplan eigens aufgestellten **Landschaftsemissionsmodell Brandenburg** sind aufgrund der erfolgten Änderung des Referenzszenarios und den deutlich erhöhten Herausforderungen im Sektor LULUCF angepasst worden. Das Landschaftsemissionsmodell basiert grundsätzlich auf folgenden Spezifikationen:

- Alle angenommenen Werte basieren auf derzeit aktuell verfügbaren Modellzahlen vergleichbarer Szenarienberechnungen. Da hier vielfach mit einem Bundesdurchschnitt gerechnet wird, werden alle Zahlen an die Brandenburgischen Rahmenbedingungen angepasst. Grundlage der Anpassung sind meist die Berichtsdaten der Thünen-Submission bzw. eigene landesspezifische Projektionen.
- Da im LULUCF die meisten emissionsrelevanten Prozesse, insbesondere die Prozesse bei Änderung der Landschaftsnutzung, relativ lange Zeiträume in Anspruch nehmen, ist das Szenarienmodell zeitsensitiv aufgebaut.
- Szenarienentwicklungen (Maßnahmen), die im Projektionspfad noch nicht realisiert worden sind, werden mit den Emissionswerten des Referenzszenarios berechnet. (Beispiel: Die Emissionen (Senkenleistung) einer nicht umgebauten Waldfläche verschlechtert sich jedes Jahr entsprechend Referenzszenario.)

¹²⁶ Zahlen und Modellberechnungen auf Basis der Daten der Thünen-Submissionen 2021 für das Land Brandenburg. Die Implementierung der Daten der Submission 2022 führt zu einer Erhöhung der Bestandsemissionen und des Referenzszenarios. Die Emissionsziele müssen zur Zielerreichung mit weiteren Maßnahmen ergänzt werden. Das Emissionsziel 2045 bleibt demzufolge mit geringen Abweichungen gültig.

¹²⁷ Geschätzt, da Ergebnisse des Bezugsjahres in der Thünen-Submission 2021 nicht vorlagen.

- Bei Szenarientwicklungen, die zu einer Änderung der Landnutzung führen (Beispiel: Umwandlung von Offenland zu Wald im Rahmen einer Erstaufforstung), werden jeweils die Unterschiede der jeweiligen, ursprünglichen Nutzung zur projizierten Nutzung berechnet.

Das Szenariodesign wird - gegliedert nach Handlungsschwerpunkten - nachfolgend erläutert.

3.8.2.2 Szenariodesign Wald

Eine Vielzahl von Parametern über die zukünftige Entwicklung der Bestände und Vorräte (und damit einem Großteil der Klimaleistung) der Wälder fußen auf Modellen, die aus den Ergebnissen der Bundeswaldinventuren v. a. der BWI-3 aus 2012 (BMEL 2014) abgeleitet werden. Über die laufende Bundeswaldinventur werden Ergebnisse erst 2024 zu erwarten sein. Damit sind bspw. die letzten Trockenjahre 2018 bis 2020 sowie das aktuelle Jahr in diesen bestehenden Modellen, selbstverständlich nicht berücksichtigt worden. Ein aktueller, gesamtbilanzieller Ansatz zur Entwicklung der Klimaleistung der Wälder in Brandenburg liegt demnach derzeit nicht vor. Aus diesem Grund werden im Klimaplangutachten Parameter und Annahmen auf der Basis von Szenarien bzw. Modellvorhaben zwar genutzt, die spezifische Waldstruktur in Brandenburg wird jedoch berücksichtigt und angepasst. Insbesondere der deutliche Rückgang des Holzzuwachses der letzten Jahre muss als Korrekturfaktor ergänzend eingerechnet werden (vgl. in Abbildung 45 die Entwicklung der Biomasse im Zeitraum 2009 bis 2020 (Thünen 2022a)). Die in Brandenburg vorliegenden Ergebnisse der Landeswaldinventur sowie der Kohlenstoffinventur sind ebenfalls in die Szenarienrechnungen eingeflossen. Trotzdem wird erwartet, dass Modellannahmen nach Vorliegen der Ergebnisse der derzeit laufenden BWI-4, etwa im kommenden Jahr und in 2024 noch einmal weiterentwickelt werden müssen.

Gleichzeitig ist anzumerken, dass ein Projektionszeitraum von 23 Jahren bis zum im KSG definierten Klimaneutralitätsjahr 2045 in Bezug auf forstliche Planungen und Entwicklungen ein extrem kurzer Zeitraum ist. Prozesse zur Klimaoptimierung des Waldes können in den meisten Fällen lediglich begonnen werden, ein Großteil der zu erzielenden Ergebnisse ist meist erst weit nach 2045 tatsächlich bilanzierbar. Auch dieser Umstand muss in den Projektionszahlen berücksichtigt werden.

Hauptsächlich verwendete Waldentwicklungsmodelle

Vom Thünen-Institut wurde unter Verwendung von Daten der BWI 2002 und BWI 2012 zunächst ein Waldentwicklungsmodell aufgestellt, welches für die Befundeinheit „Bundesrepublik Deutschland“ eine Trendfortschreibung für die wichtigen Waldentwicklungsparameter bis Mitte des Jahrhunderts darstellt und berechnet, das WEHAM-Basiszenario (WEHAM - **W**aldentwicklungs- und **H**olz**a**ufkommens**m**odellierung). Im Unterschied dazu sind ebenfalls durch das Thünen-Institut zwei zusätzliche Szenarien berechnet worden, die alternativen Präferenzen für Holzaufkommen und Naturschutz definieren (Oehmichen et al. 2018). Diese sowohl ergänzend als auch alternativ zum WEHAM-Basis-Szenario konzipierten Szenarien liefern Schätzungen bis zum Jahr 2052, ohne dabei wichtige Randbedingungen und Einflussfaktoren wie Eigentum, Wirtschaftsentwicklung, forsttechnischen Fortschritt, vor allem aber auch Klimaentwicklung berücksichtigen zu können. Weil die Übertragung bundesweiter Befunde auf die Ebene von Brandenburg schwierig ist und weil die Szenarien ohnehin nur „Leitplanken-Funktion“ beanspruchen und überdies wesentliche Ereignisse und Trendverschärfungen nach 2012 (Dürrejahre) noch nicht berücksichtigen, können nicht die absoluten Zahlenwerte, sondern nur die resultierenden Effekte und Trends auf Brandenburg übertragen werden. Insbesondere das WEHAM-Naturschutzszenario liefert dementsprechend für die Waldentwicklung in Brandenburg wichtige Hinweise, die vor allem für das nachfolgend beschriebene Effizienzzenario genutzt wurden.

Dass und wie Waldumbau regional und auch in Mitverantwortung des Privatwaldes geplant und organisiert werden kann, zeigt das Projekt **CO-2-OPT** im niedersächsischen Landkreis Harburg (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2018). Im Anhalt an die Methodik der WEHAM-Szenarien sind hier vier Szenarien ausgearbeitet und auch quantitativ unterlegt worden (Szenarien Klimaschutz, Naturschutz, Wasserschutz und Referenz), zusammengefasst zu einem Masterplan. Ohne die starke Unterstützung durch teils externe Fachorganisationen und eine umfangreiche gesellschaftliche Partizipation wäre ein so umfangreiches Musterprojekt wohl nicht gelungen. In einer Simulation wurde die Waldentwicklung unter den Bedingungen des voranschreitenden Klimawandels und variiert für die vier Szenarien bis 2075 fortgeschrieben. Das speziell auf Klimaschutz ausgerichtete Szenario erbrachte die überzeugendsten Ergebnisse. Besonders hervorgehoben wurde die Bedeutung einer bewusst auf Standort und Klimaschutz ausgerichteten Verjüngung. Das Szenario „Klimaschutz“ aus CO-2-OPT liefert dabei wichtige Hinweise für das Klimaplanszenario „Mehr grüne Brennstoffe“.

Der Beitrag des Öko-Instituts „Natürliche Senken“ zur DENA-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“ (Öko-Institut e.V. 2021a) greift in den Modellrechnungen zum Subsektor Wald zum Teil die o. g. Ergebnisse des Naturschutzpräferenzszenarios des Thünen-Instituts auf. Da dem Modell u. a. die Holzvorrats- und Zuwachswerte für Gesamtdeutschland zugrunde liegen, geben sie für das Landschaftsemissionsmodell Bbg. nur Anhaltspunkte. Selbiges gilt für das vom Öko-Institut in 2018 aufgestellte Modell „Waldvision Deutschland“ (Böttcher et al. 2018). Das Modell Waldvision liefert jedoch wertvolle Hinweise zur Auswahl von Flächen ohne zukünftige Holznutzung.

Faktoren für die Klimaschutzleistung der Wälder in Brandenburg

Je nach Bilanzierungsmethoden werden bei der Beurteilung der Klimaschutzleistung des Waldes entweder nur die lebende Biomasse, alle Speicher im Wald, die Speicher in Wald und Holzprodukten oder alle genannten Speicher und Emissionen sowie die Substitutionseffekte betrachtet. Die Systemgrenzen zu anderen Sektoren in der internationalen Klimapolitik berücksichtigen im Sektor LULUCF nur die Speicher in Wald und Holzprodukten, während Treibhausgas-Einsparungen durch Holznutzung im Energiesektor berücksichtigt werden. Der Klimaplan muss entsprechend diese Sektorlogik anwenden.

Aus der Sektorlogik heraus und auch aus den Emissionsberechnungen des Referenzszenarios steht die Stabilisierung bzw. Steigerung der (lebenden und toten) Biomasse im Wald (und nicht außerhalb) im Vordergrund der Szenarienberechnungen. Die Entwicklung der CO₂-Speicherleistung der lebenden Waldbiomasse korrespondiert direkt mit der Vorratsentwicklung der Wälder. Dabei ist zu beachten, dass Brandenburg im deutschlandweiten Vergleich mit 287 m³/ha knapp vor Sachsen-Anhalt ohnehin die geringsten Holzvorräte besitzt (MLUL 2015). Der Durchschnitt in Deutschland liegt nach der dritten Bundeswaldinventur bei 336 m³/ha. Ebenso ist der Holzzuwachs mit 10,4 m³/ha/Jahr in Brandenburg geringer als im Bundesdurchschnitt mit 11,2 m³/ha/Jahr (BMEL 2014).

Um die Komponenten zur Klimaschutzleistung der Wälder in Brandenburg inhaltlich zu gliedern, wurden die nachstehenden Faktoren zur forstlichen Bewirtschaftung, zu Waldmooren, aber auch zur Neubegründung von Waldflächen im Rahmen des Klimaplantgutachtens aufgestellt. Die ersten fünf dieser Faktoren zielen dementsprechend hauptsächlich auf den Kohlenstoffpool der Biomasse ab.

Faktoren für den Erhalt und die Optimierung der Senkenleistung des Waldes

- Bestockung (Baumartenanteile, Altersaufbau)
- Waldbewirtschaftungsformen und Intensitäten, Naturwald, Nutzungsaufgabe, Entwicklung Holzspeicher

- Waldverjüngung / Waldumbau (inkl. Wilddichte/Jagd)
- Waldschutz (Waldbrand, Schädlinge, Sturm)
- Waldflächenvermehrung
- Emissionsreduktion der Waldmoore

Bestockung (Baumarten und Altersaufbau)

Gemäß nachfolgender Tabelle ist der Anteil der Kiefer mit über 70 % dominierend, ihr Holzzuwachs liegt in Brandenburg mit 10,6 m³/ha/Jahr leicht oberhalb der anderen Baumartengruppen Eiche, Buche sowie ALH (sonstige Laubbölzer mit hoher Lebensdauer, auch umgangssprachlich „Harthölzer“ und ALN (sonstige Laubbölzer mit niedriger Lebensdauer, auch umgangssprachlich „Weichhölzer“).

Tabelle 44: Baumartenanteile in Brandenburg und deren jährlicher Holzzuwachs

Quelle: Thünen (o.J.b).

Baumart	Anteil Brandenburg in % (nach LWI 2014)	Jährlicher Holzzuwachs (nach LWI 2014) in m ³ /ha/Jahr
Kiefer	70,1	10,6
Eiche	6,7	8,8
Buche	3,3	9,9
Andere Laubbäume	15,6	9,2
Fichte / Tanne	1,7	16,4 / 16,3
Lärche	1,1	12,2
Douglasie	0,8	18,8

Beachtenswert ist der in der letzten LWI beobachtete, deutlich höhere Zuwachs der Douglasie mit 18,8 m³/ha/Jahr. Diese Zahlen lassen sich auch in anderen Regionen Deutschlands in der Tendenz beobachten und führen entsprechend zu klimaleistungsoptimierten Bestockungen. So geht das Projekt CO-2-OPT der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Klimaschutzszenario von einer deutlichen Erhöhung des Anteils der Douglasie auf Kosten der Kiefer aus. Daneben werden die Anteile der Buche leicht erhöht (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2018). Vergleicht man die CO₂-Vermeidungspotenziale (Summe aus Waldspeicher, Produktspeicher und Substitution) unterschiedlicher Baumarten, liegt die Douglasie mit 13,5 t CO₂e/ha/a ebenfalls deutlich über der Kiefer mit 9,0 t CO₂e/ha/a und auch deutlich über den betrachteten Laubbäumen Eiche und Buche (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2018).

Das Holzpräferenzszenario (HPS) in der auf WEHAM basierenden, alternativen Szenarienrechnung (Oehmichen et al. 2018) des Thünen-Instituts weist ebenfalls einen gestiegenen Zuwachs durch Anteilserhöhung der Douglasie, hauptsächlich zuungunsten der Kiefer auf. Zu beachten ist allerdings auch, dass in diesem Szenario die Zuwachssteigerung außerdem durch eine gleichzeitige Verkürzung der Produktionszeiträume erreicht wird. In selbiger Leitstudie wird demgegenüber der größte Hektarvorrat und damit mit 9 % der größte jährliche Zuwachs in einem 40-jährigen Zeitraum im Naturschutzpräferenzszenario (NPS) erreicht. Das NPS geht von einer Zunahme der Laubbaumflächen zuungunsten der Nadelbäume um 19 % aus. Zudem wird durch Überführung in eine Dauerwaldbewirtschaftung die Altersstruktur weiter erhöht, etwa 60 % der Bestände haben ein Durchschnittsalter über 60 Jahre, im HPS liegt dieser Wert durch die verkürzten Umtriebszeiten nur bei 42 %. Die beiden genannten Szenarien unterscheiden sich demzufolge sehr deutlich im projizierten Rohholzpotenzial. Dieses liegt im HPS etwa um ein Viertel

höher als im NPS, wobei der Unterschied in der Vorratsentwicklung des verwertbaren Holzes begründet ist. Genau dieses Holz wird zur Optimierung des Holzproduktespeichers als langfristige Kohlenstoffsенke benötigt.

Die Geschwindigkeit bei der Änderung der Baumartenzusammensetzung in Brandenburgs Wäldern ist von den präferierten waldbaulichen Maßnahmen abhängig. Im Zuge von Bestandesneubegründungen, also wenn hiebsreife Bestände geerntet worden sind oder nach der Vernichtung von Wäldern durch Schäden, ist ein vollständiger Wechsel der führenden Baumart und der Mischungen sehr schnell möglich. Aber auch durch intensivere Pflegeeingriffe innerhalb von Durchforstungen können Mischungen deutlich verändert werden, wobei hier durch eine Altersmischung gleichzeitig die Stabilität der Bestände erhöht werden kann. Einen begrenzten Einfluss auf die Baumartenzusammensetzung in Mischbeständen haben einerseits der unterschiedliche Wachstumsrhythmus von Lichtbaumarten (starkes Jugendwachstum, das später nachlässt) und Schattenbaumarten (nachhaltig zunehmende Wuchskraft in höherem Alter) sowie andererseits waldbauliche Eingriffe zwecks Mischungsregulierung. Die Zusammensetzung von Wäldern nach Altersstufen (das Durchschnittsalter) kann durch verstärkte oder vermindert Nutzungen beeinflusst werden und ist im Übrigen durch den Zeitfortgang vorgegeben. Der in vielen Szenarien vorgesehene Übergang zu ungleichalten Strukturen vermeidet das Entstehen von Jungbestandsflächen. In jedem Fall sind beabsichtigte Strukturveränderungen von Wäldern bezüglich Baumarten- und Alterszusammensetzung langwierig und schwer zu erzielen. Verstärkt gilt das für Wälder, die mehreren Eigentümerinnen und Eigentümern gehören, und ganz besonders im Kleinprivatwald, wo sehr viele Eigentümerinnen und Eigentümer mit sehr unterschiedlichen (oder überhaupt keinen) Zielen und Interessen anzusprechen wären.

Wälder sind im Klimawandel generell zunehmend von Stürmen und von Dürre sowie Dürrefolgeschäden (z. B. Insektenkalamitäten) bedroht. Eine verlässliche Voraussage über erzielbare Kohlenstoffspeicherleistungen ist davon abhängig, dass die Risiken, die auf diese Klimafolgen zurückzuführen sind, überschaubar bleiben. In einem „klimaplastischen“, gegen Klimafolgen resilienten Wald sollten sturm- und dürreverträgliche und darüber hinaus standortgerechte Baumarten vorherrschend vertreten sein. Weiterhin ist bekannt, dass aus mehreren Baumarten gemischte Bestände ungleichen Alters stabiler sind als gleichaltrige, wenig gemischte Waldbestände. Wie diese Ziele durch Waldumbau erreichbar sind, wurde in Brandenburg bereits 2018 seitens der Landesregierung veranschaulicht (MLUL 2018).

Waldbewirtschaftung

Der heutige Wirtschaftswald ist i. d. R. mit dem Ziel der Erzeugung maximaler Holzerträge unter der Annahme eines konstant bleibenden Klimas begründet worden, überwiegend in der Form des schlagweisen Hochwaldes. Das betrifft Baumartenwahl, Bestandsbehandlung (z. B. Verjüngungsmethoden) und Dauer der Produktionszeit (planerisch: Umtriebszeit). Mit dem Klimawandel sind wesentliche Voraussetzungen dieser Wirtschaftsweise hinfällig geworden, und im Hinblick auf den Klimaschutz hat als zusätzlicher Teil des Wirtschaftsziels die Senkenleistung - ein früher kaum beachtetes Zielelement - sehr großes Gewicht erhalten.

Die Beendigung der Holznutzung und damit der forstlichen Bewirtschaftung ist die Methode, mit der am schnellsten und am gründlichsten eine maximale Vorratsanreicherung (und damit Kohlenstoffspeicherung) in kurzer Zeit erreicht werden kann. Bei langfristiger Nutzungsaufgabe nähert sich der Waldzustand dem eines Naturwaldes an, der zwar sehr vorratsreich ist, aber keine dauerhafte Senkenleistung mehr erbringt. Wie lang die Übergangszeit von Wäldern im jetzigen Zustand zu einem naturwaldartigen Gleichgewichtszustand (ohne Senkenleistung) ist, hängt von vielen Faktoren ab. Man kann aber davon ausgehen, dass durch Nutzungsaufgabe während der

forstlich sehr kurzfristigen Periode bis 2045 und unter Betrachtung der tatsächlichen Altersstruktur der Wälder in Brandenburg auch deutlich darüber hinaus eine Senkenleistung auf jeden Fall erzielt werden kann; lediglich deren Größenordnung bleibt zu diskutieren und erfordert für die Umsetzung weitreichende und detaillierte Entscheidungen, zumal eine vollflächige Aufgabe der forstlichen Bewirtschaftung aus vielen Gründen nicht in Betracht kommt.

Will man die Vorratsanreicherung und CO₂-Speicherkapazität auf den Zeitpunkt bis 2045 maximieren, ist die Nutzungsaufgabe das effektivste Mittel. Aus naturschutzfachlicher Sicht sollten wertvolle, naturnahe und ältere Bestände dafür bestimmt werden (Böttcher et al. 2018). Diese sind i. d. R. bereits vorratsreich, und die Kulmination des laufenden Zuwachses ist überschritten. Damit stellt sich die Frage, ob sie überhaupt noch in ausreichendem Maße zur Anreicherung des Holzvorrats und der Biomassen beitragen können, oder ob sie bereits Naturwaldcharakter haben; dann stünden Zuwachs und Verwitterung im Gleichgewicht und es wäre damit keine zusätzliche Kohlenstoffspeicherung erreichbar. Hierzu wurde und wird eine intensive Diskussion geführt, in der Studien über Entwicklung und Wachstum naturnaher Wälder die wesentlichen Belege liefern. Seitens der Naturschutzverbände wird seit langem darauf hingewiesen, dass es auch in bereits vorratsreichem, naturnahem Wald sehr lange dauern kann, bis ein Nutzungsverzicht zu einer Sättigung der Vorratshaltung, also einem Maximum des Vorrats wie in der Optimalphase eines Naturwaldes kommt, so dass es keine weitere Kohlenstoffspeicherung gibt (Enssle 2010). Untersuchungen in naturnahen Waldbeständen ohne Nutzungseingriffe bestätigen das (Hessenmöller et al. 2008), und sogar in klimabedingt vitalitätsgeschwächten Althölzern mit absterbenden Bäumen darin findet noch eine Vorratsanreicherung statt (Thurm et al. 2022). Auf guten Standorten wurde in naturnahen ungenutzten Beständen mehrfach ein Derbholtzvorrat in der Größenordnung von 900 bis über 1000 Vfm/ha gemessen, so dass man davon ausgehen kann, dass bis zu solchen Werten eine Kohlenstoffspeicherung stattfindet, und zwar nicht nur in der oberirdischen Biomasse, sondern auch im Boden.

Neben den naturschutzfachlich wertvollen Beständen sollte insbesondere in den Kiefern-Reinbeständen, die in Brandenburg erhebliche Anteile des Wirtschaftswaldes ausmachen, durch Nutzungsaufgabe in gezielt auszuwählenden Beständen, bevorzugt durch Naturverjüngung Naturwaldparzellen entstehen. Bei der Auswahl spielen neben den Standorteigenschaften auch die Eignung als Biotopverbundelement im Kiefern-Wirtschaftswald eine Rolle. Diese Naturwaldparzellen wiederum haben perspektivisch positiven Einfluss auf den auf Naturverjüngung basierenden Umbau der sie umgebenden Waldbestände.

Waldverjüngung / Waldumbau

Wegen der Ungewissheit über Ausprägung, Stärke und Verlauf des Klimawandels in Zukunft herrscht allgemein extreme Unsicherheit über die Möglichkeiten zukunftsorientierter Waldbewirtschaftung. Grundlagenwissen über die langfristige Toleranz gängiger Baumarten gegen mögliche erhebliche Veränderungen der Klimaparameter fehlt. So bleibt nichts übrig, als Waldbau und Forstplanung nach dem Prinzip der Risikoverteilung und der Bereitschaft zu laufender Anpassung an die sich ändernden Bedingungen zu betreiben. Dafür, wie das geschehen kann, gibt es praktische Anleitungen (MLUL 2018). Wenn neu begründete Bestände sich aus möglichst vielen Baumarten zusammensetzen, ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass einige davon sich bewähren können. Da nicht zu bezweifeln ist, dass die Wachstumsbedingungen im Klimawandel generell ungünstiger werden, als sie in der Vergangenheit waren, ist auf jeden Fall davon auszugehen, dass Holzvorräte pro ha und Zuwachseleistungen wie in der (diesbezüglich optimierten!) Vergangenheit nicht mehr erreichbar sein werden.

Sehr große Waldflächen müssen einem Waldumbau in Richtung Klima-Resilienz unterzogen werden. Die dafür verfügbare Zeit ist nicht planbar, sondern risikogesteuert. Daraus folgt, dass intensive und dadurch aufwendige Verjüngungsmethoden (z. B. Pflanzung im Zaun von Baumarten, die zwar klimaresilient, aber durch Wildverbiss gefährdet sind) nur auf geringen Flächen möglich sind. Will man solche Baumarten großflächig etablieren oder ihre Ausbreitung ermöglichen, ist eine so starke Reduktion der gegenwärtigen Schalenwildbestände unumgänglich, dass auf Schutzmaßnahmen gegen Wildverbiss verzichtet werden kann. Ferner sind extensivere Verjüngungsmethoden wie Naturverjüngung oder Saat gegenüber der aufwendigeren Pflanzung zu bevorzugen.

Waldschutz

Der Klimawandel verstärkt die Risiken von Waldschäden: Es wird mehr und stärkere Stürme, längere und intensivere Hitze- und Dürreperioden geben. Das Auftreten von Schadinsekten, auch neu zugewanderter, invasiver Arten, wird durch die Erwärmung begünstigt. Das Risiko von Waldbränden steigt. Gegen Hitze- und Dürreschäden sind nur langfristige konzipierte Schutzmaßnahmen (Baumartenwechsel, Waldumbau) aussichtsreich. Kontroll- und Vorbeugungsmaßnahmen gegen Insektenschäden (z. B. Borkenkäfer) müssen frühzeitig erfolgen, damit sie wirksam werden können, und sie sind aufwendig (z. B. „saubere Forstwirtschaft“, die Wälder intensiv kontrolliert und geschädigte Einzelbäume frühzeitig entnimmt). Für die Waldbrandvorsorge, Früherkennung und -bekämpfung sind Beobachtungssysteme, Feuerschneisen, erprobte Meldekettensysteme und das Vorhalten von geschultem Personal und ausreichendem Gerätebestand erforderlich (MLUL 2019). Als dringliche Waldschutzmaßnahme muss die erforderliche starke Reduktion der Schalenwildbestände eine hohe Priorität haben. Bei den vielerorts vorhandenen Wilddichten ist es nicht möglich, Waldumbau mit den erforderlichen klimaresilienten Baumarten zu betreiben ohne diesen mit aufwendigen Wildschutzmaßnahmen (z. B. Zäunen) zu verbinden. Insbesondere im Kleinprivatwald mit ungünstig gestalteten Kleinparzellen ist diese Art von Wildschutz nicht finanzierbar oder sogar undurchführbar. Bei großen Waldumbauflächen würde eine Zäunung zu deutlichen ökologischen Nachteilen führen und außerdem den Verbißdruck auf die nichtgezäunten Flächen nochmals deutlich verstärken.

Der Waldschutz trägt nicht unmittelbar zur erwünschten Steigerung der Senkenleistung für Kohlenstoff bei, kann aber die Risiken entscheidend vermindern und so die Verlässlichkeit von Planungen steigern.

Waldflächenvermehrung

Der wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz zusammen mit dem wissenschaftlichen Beirat für Waldpolitik beim BMEL hat bereits 2016 das Potenzial für Waldflächenvermehrung, respektive Aufforstung auf etwa 5 % der Landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland festgestellt (WBAE und WBW 2016). Die Gutachterinnen und Gutachter gehen darüber hinaus davon aus, dass die Hälfte des Erstaufforstungspotenzials bereits bis 2030 erreicht werden kann.

Die einzelnen Szenarienberechnungen bei der Erstellung des Klimaplangutachtens haben gezeigt, dass eine relevante Trendumkehr des Senkenverlustes des Waldes in Brandenburg nicht im notwendigen Maß innerhalb der bestehenden Waldfläche realisiert werden kann; unter anderem auch deshalb, weil Waldumbau oder Waldnutzungsänderungen nicht im erforderlichen Zeitraum begonnen werden können und/oder nicht sofort in Hinblick auf die Kohlenstoffsequestrierung wirken. Zusätzliche Waldflächen sind erforderlich. Die benötigte Fläche muss im Bereich ungenutzter Flächen und in der Landwirtschaft gesucht werden. Wegen des anfänglich langsamen Wachstums von Wäldern kann das grundsätzlich, aber nur langfristig erzielbare Potenzial an

Speicherkapazität auf neuen Waldflächen bis zum Zieltermin des KSG, 2045, nur zum Teil ausgeschöpft werden. Im Jugendstadium schnell wachsende Lichtbaumarten wie Birke, Aspe, Lärche, Bergahorn, Erle könnten bis zu diesem Termin eine relativ größere Menge an Kohlenstoff binden als die auf die Dauer zu bevorzugenden Arten wie Eiche, Linde, in Hinblick auf Holzproduktion auch Douglasie mit ihrem langfristig stärkeren Zuwachspotenzial.

Waldmoore

Waldmoore sind prinzipiell gleich zu behandeln wie im Offenland gelegene Moore. Die Wasser-Zurückhaltung ist vorrangig, und Torfmoose sowie andere Moorpflanzen sollen stärker als Gehölze die Basis der Kohlenstoffspeicherung darstellen. Diese Pflanzen gedeihen nicht im Schatten, und deshalb sind Bäume, auch an den Rändern dieser meist kleinflächigen Moore zu entfernen. Bereits 2016 hat das MLUL Hinweise zum Moorschutz im Brandenburgischen Wald gegeben. Neben einer Abflussreduzierung ist ebenfalls der Waldumbau im Einzugsgebiet wesentlicher Bestandteil. (MLUL 2016).

Modellparameter für die Berechnung der Klimaschutzleistung der Wälder in Brandenburg

Neben den bereits genannten Modellen des Thünen-Instituts (Oehmichen et al. 2018), des Projektes CO-2-OPT der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und der Nordwestdeutschen forstlichen Versuchsanstalt (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2018) und der Studie „Natürliche Senken“ (Öko-Institut e.V. 2021a) liegen aktuell kaum relevante und konkrete Modellzahlen zur zukünftigen Klimaschutzleistung der Wälder vor. Das für Brandenburg regionalisierte Landschaftsemissionsmodell fußt daher grundsätzlich auf den Ausgangswerten der 2022er Thünen-Submission. Dabei wurden für die erste 4 oben genannten Faktoren Bestockung/Alter, Waldbewirtschaftung, Waldverjüngung und -umbau und Waldschutz für die zwei Klimaplanszenarien jeweils ein Leitbild zur Waldentwicklung entworfen und diesem Leitbild summarische Emissionsparameter über die erwarteten Auswirkungen zur Biomasse, respektive Holzvorrat hinterlegt. Eine Differenzierung in die spezifischen Auswirkungen dieser einzelnen Faktoren erfolgte nicht. Dem Effizienzzenario liegt dabei mit dem „**Leitbild Extensivierung/Speicherung**“ ein naturschutzorientiertes Leitbild zur Waldentwicklung zugrunde. Dem Szenario „Grüne Brennstoffe“ wurde ein „**Leitbild Holzproduktion**“ hinterlegt, welches sich am Klimaschutzszenario des Projektes CO-2-OPT orientiert.

Die gutachterlich festgelegten Werte für Brandenburg liegen deutlich unter den Modellwerten der oben genannten Modelle. Die nachfolgend genannten Werte werden zu der jährlichen durchschnittlichen Senkenleistung der Brandenburgischen Wälder addiert.

Tabelle 45: Emissionsverhalten durch Waldumbau gemäß unterschiedlichen Leitbildern der Klimaplanszenarien im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg;

Quelle: Eigene Berechnungen.

Aktivität	Emissionsverhalten in t CO ₂ e /ha /a (Basis 2020)
Änderung Bestockung/Alter, Waldbewirtschaftung, Waldverjüngung und -umbau, Waldschutz im Effizienzzenario (Leitbild Extensivierung/Speicherung)	-3,49 durchschnittlich im Zeitraum 2020 bis 2045
Änderung Bestockung/Alter, Waldbewirtschaftung, Waldverjüngung und -umbau, Waldschutz im Szenario „Grüne Brennstoffe“ (Leitbild Holzproduktion)	-2,76 durchschnittlich im Zeitraum 2020 bis 2045

Beide Leitbilder wurden ebenfalls bei der Beurteilung der Emissionsentwicklung der Erstaufforstung genutzt. Die Werte des Landschaftsemissionsmodells Bbg. liegen auch hier wesentlich unter den Zahlen, die bspw. das Öko-Institut für Deutschland gutachterlich festgelegt hat.

Die gutachterlich festgesetzten Werte repräsentieren im angegebenen Bereich die durchschnittliche CO₂-Bindung bis ca. Mitte des Jahrhunderts. Darüberhinausgehend schwenkt der Wert auf das zu dem entsprechenden Zeitpunkt relevante Emissionsverhalten von Wäldern gleicher Struktur ein.

Tabelle 46: Emissionsverhalten durch Erstaufforstung gemäß unterschiedlichen Leitbildern der Klimaplanszenarien im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg

Quelle: Eigene Berechnungen.

Aktivität	Emissionsverhalten in t CO ₂ e /ha /a im Durchschnitt zwischen 2023 und 2045
Erstaufforstung gemäß naturschutzorientiertem Extensivierungsleitbild im Effizienzscenario	-4,78
Erstaufforstung gemäß Szenario „Grüne Brennstoffe“	-4,05

Zu bemerken ist weiterhin, dass durch Erstaufforstung ein Wechsel der Landnutzung durchgeführt wird, was klimabilanziell dazu führt, dass neben der eigentlichen Emissionsleistung der Zielnutzung, hier Wald, hauptsächlich in Form von dauerhaftem Biomassezuwachs, auch die Emissionsunterschiede zu der ursprünglichen (Offenland-) Nutzung hinzugerechnet werden müssen. Damit beeinflussen diese unterschiedlichen Werte wesentlich den Optionsrahmen der Maßnahmenumsetzung.

Tabelle 47: Exemplarische Darstellung des Emissionsverhaltens bei Erstaufforstung auf unterschiedlichen ursprünglichen Landnutzungen im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg

Quelle: Eigene Berechnungen.

Aktivität (Nebenrechnung)	Emissionsverhalten in t CO ₂ e /ha /a (Basis 2020)
Acker zu Wald	-4,70
Grünland zu Wald	-2,11
Siedlung zu Wald	-4,78

Die Werte für die Emissionsentwicklung der Waldmoore bei Wiedervernässung orientieren sich grundsätzlich an den Werten, die für das Offenland angenommen wurden. Erläuterung hierzu erfolgen im nächsten Unterkapitel zum Szenariodesign org. Böden im Offenland.

3.8.2.3 Szenariodesign Organische Böden des Offenlandes (Mooremissionen)

Gemäß offizieller Berichterstattung wird auch bei der Berechnung der Brandenburgischen Niedermooresmissionen zunächst auf die CRF-Subsektoren der 2022er Thünen-Submission zurückgegriffen. Die zugrundeliegende Bilanzierungsmethode berücksichtigt die drei relevanten Klimagase CO₂, Methan und Lachgas, die Lachgasemissionen werden jedoch aufgrund einheitlicher, internationaler Konventionen im Sektor Landwirtschaft berichtet (siehe Abschnitt 3.7). Generelle Grundlagen der Thünen-Bilanzierung sind Bodendaten und (relativ grobe topographische) Landnutzungsklassen.

Um eine umsetzungsorientierte Ableitung von Handlungsschwerpunkten und Maßnahmen zu ermöglichen, wurde für die Szenarien parallel auf das GEST-Modell (Couwenberg et al. 2008; Reichelt 2021) zurückgegriffen (siehe Zwischenbericht zum Klimaplan, Hirschl et al. 2022). Vorteil ist die Emissionsbilanzierung auf Basis von Bodendaten und deutlich höher aufgelösten Flächennutzungs- bzw. -Biotoptypeninformationen zu GEST-(Wasser)stufen, welche wiederum einen engen THG-Emissionsbereich repräsentieren. Die GEST-Stufen als Kombination aus Nutzung, Boden und Grundwasserstand stellen damit praktisch ein räumlich hochaufgelöstes Bild von Niedermooresmissionen dar. Die Bilanzierungsmethodik wird seit vielen Jahren durch das LfU genutzt (LfU 2022) und hat Eingang in die Bilanzierung und Wiedervernässungsplanung in den meisten niedermoorreichen Bundesländern gefunden. Geographische Grundlage ist zunächst eine von Reichelt im Auftrag des LfU durchgeführte Ableitung der Informationen für Vegetation, Landnutzung und daraus des Wasserstandes (GEST-Stufen) (Reichelt 2021).

Das CO₂-Reduktionpotenzial bei der Wiedervernässung von Niedermooresmissionen lässt sich damit rechnerisch durch die Differenz von den im GEST-Modell hinterlegten Emissionsbereiche der einzelnen GEST-Stufen ermitteln. Damit sind neben evtl. notwendigen Änderungen zur Landnutzung vor allem auch Änderungen des Wasserstandes rechnerisch kalkulierbar.

Eine der Grundlagen der Ableitung von Reichelt ist die Moorbodenkulisse des LBGR (2014). Zum Zeitpunkt der jetzt erfolgten Neuberechnung im Rahmen dieses Gutachtens lag parallel eine Neufassung der Moorbodenkarte seitens des LBGR vor (LBGR 2022), aus der im Auftrag des MLUK die GLÖZ-2-Kulisse als Geltungsbereich der ab 2023 geltenden Konditionalität zum Schutz von Mooren und Feuchtgebieten ebenfalls durch das LBGR abgeleitet wurde.¹²⁸ Die GLÖZ-2-Kulisse stellt die momentan aktuellste Moorbodenkarte in Verbindung mit konkret zugeordneter Landnutzung im Land Brandenburg dar. Leider war eine genaue Dokumentation der wissenschaftlichen Methodik, die bei der Erstellung der aktuellen Moorbodenkarte angewandt wurde, zum Zeitpunkt der Erstellung des Klimaplangutachtens nicht verfügbar. Aus Gründen der KSG-Konsistenz wurde deshalb auf die „offiziellen“ Flächendaten der 2022er Thünen-Submission zurückgegriffen.

¹²⁸ Bei einer Konditionalität entsprechend der Konditionalitätenverordnung handelt es sich um allgemeine Grundanforderungen, die jede Landwirtin und jeder Landwirt in der derzeitigen Förderperiode ab 2023 erfüllen muss, um Agrarförderung zu erhalten. Die Konditionalität GLÖZ-2 definiert dabei einen Mindestschutz von Feuchtgebieten und Mooren innerhalb der definierten Kulisse der kohlenstoffreichen Böden (GLÖZ-2-Kulisse)

Tabelle 48: Treibhausgasemissionen für 4 Stauziele als Grundlage für die Berechnung von Umsetzungsvarianten von Wiedervernässung

Quelle: LfU (unveröffentlicht).

Stauziel	Kategorie	Mittlerer Wasserstand des Grundwassers im Sommer (cm unter GOK)	Wasserstufe	Bodenwasserhaushalt	Stauhöhe (cm unter GOK, bezogen auf die mittlere Geländehöhe im Staubereich)	Emissionsspannen (t CO ₂ -eq./ha*a)	Emissionsfaktoren (t CO ₂ -eq./ha*a)
4	mooraufbauend bis moorerhaltend	höher als 10	6+ bis 5+	Wassersättigung des Oberbodens im ganzen Jahr (Verdunstung < kapillarer Aufstieg)	Keine Entwässerung	0 bis 5	Moorgrünland 0 Torfmoosmoore: 0 Brachen: 3,5 überstaute Röhrichte: 4,5 Wald, Seggenrieden, Aue: 5
3	mäßig moorzehrend (moorschonend)	10 bis 40	4+, 4+/3+	Keine vollständige (kapillarer Bodenwasseraufstieg) bis in den Oberbodenbereich (Verdunstung < kapillarer Aufstieg)	10 bis 30, vielfach Winterüberstau erforderlich	5 bis 15,5	Bruchwald: 7 Grünland außer Brachen: 10 Brachen: 15,5
2	stark moorzehrend	40 bis 70	3+, 3+/2+	Oberbodenaustrocknung in extrem trockenen Sommern, sonst Oberboden im Sommer noch feucht (Verdunstung > kapillarer Aufstieg)	40 und 50 (Grünland) bis 60 (bei angrenzendem Mineralbodenacker)	15,5 bis 25	Bruchwald: 19 Grünland: 19,5 Ackerland: 21,5 Brachen: 23,5
1	sehr stark moorzehrend	ab 70 und tiefer	2+ bis 2-	Oberbodenaustrocknung bis Totwasseranteil in der Vegetationsperiode (Verdunstung >> kapillarer Aufstieg)	tiefere als 60 und vielfach Grabenaustrocknung im Sommer	25 bis 50	Bruchwald 27,5 Grünland: 31,5 Ackerland: 37,5

Parallel zum Klimaplangutachten wurde seitens des LfU ein Moorschutzfachkonzept als Beitrag zur Umsetzung des Klimaplanes in Brandenburg erstellt (LfU unveröffentlicht), welches im Entwurf vorliegt. Das umfangreiche Gutachten fasst die GEST-Stufen umsetzungsorientiert zu Stauzielen zusammen. Die Tabelle des Entwurfs zum Moorschutzfachkonzept (siehe Tabelle 48) zeigt die Stauziele, zugehörige Grundwasserstände und die jeweiligen (GEST-)Wasserstufen in Verbindung mit Emissionsspannen und landnutzungsbezogenen Emissionsstufen.

Anzumerken ist, dass das GEST-Modell nur die Emissionen aus Kohlendioxid und Methan berücksichtigt, für die im Niedermoor ebenfalls entstehenden Lachgasemissionen liegen derzeit keine Modellparameter vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich der Emissionsverlauf der Lachgasemissionen, die in der Summe aller THG-Emissionen aus Niedermoores ohnehin nur einen relativ geringen Anteil ausmachen, grundsätzlich an dem Verlauf der CO₂-Emissionen orientiert. Auch aus diesem Grund sind die Emissionsangaben, die sich summarisch aus der 2022er Thünen-Submission ableiten lassen, sogar etwas höher als die Werte aus dem GEST-Modell. Das Landschaftsemissionsmodell des Klimaplanes berücksichtigt diesen Unterschied.

Nachfolgende Tabelle gibt die der Gesamtbilanz im Landschaftsemissionsmodell Bbg. zugrundeliegenden Flächenkulissen innerhalb der Moorbodenkulisse (Moore und Anmoore) nach hauptsächlicher Landnutzung im Land Brandenburg an.

Tabelle 49: Vergleich der Flächendifferenzierung innerhalb der Moorkulisse des Landes Brandenburg

Quelle: Entwurf des Moorschutzfachkonzepts (LfU unveröffentlicht), Thünen (2022a).

Nutzungsart auf Nieder-moorböden	Flächensumme laut Moor-schutzfachkonzept 2022 in ha	Flächensumme laut Thü-nen-Submission 2022 in ha
Ackerland	42.000	43.510
Grünland	167.000	165.272
Ungenutzte, naturnahe Moore	9.000	953
Wälder und Forste	38.000	27.461
Sonderstandorte	5.000	n/a
Gewässerbegleitende Stand-orte	3.400	n/a
Siedlung		3.894
<i>Gesamtsumme</i>	<i>264.400</i>	<i>241.090¹²⁹</i>
<i>davon landwirtschaftliche Nutzfläche</i>	<i>209.000</i>	<i>208.782</i>

Lediglich die Abweichungen bei Wäldern und Forsten liegen aufgrund unterschiedlicher Abgrenzungskriterien von Waldmooren prozentual betrachtet etwas höher, die Flächenunterschiede in der Klasse der ungestörten Moore sind nicht modellrelevant.

Für die Berechnung der Emissionsreduktion in den beiden Klimaplanszenarien wurden dementsprechend die Emissionsdifferenz der ursprünglichen Landnutzung und Wasserstände mit den zu erreichenden Ziel-Landnutzungen und Wasserständen mit jeweiligen Flächenansätzen berechnet. Dieser Ansatz ist für die Gesamtbetrachtung des Landes Brandenburg grundsätzlich zulässig, weil die Ausgangs- und die Zielwerte jeweils den Durchschnitt der Emissionsfaktoren innerhalb der angegebenen Spannen repräsentieren. Die im Entwurf des Moorschutzfachkonzepts weitergehende Differenzierung in 21.619 topographisch-hydrologische Projektgebiete ist in Hinblick auf eine spätere Umsetzung noch wesentlich differenzierter, weil sie unter anderem die Frage hydrologischer Einheiten sowie Wassereinzugsgebiete mit betrachtet. Auch zu beachten ist, dass Ausgangs- und Zielwasserstände innerhalb der Gesamtfläche eines Projektgebietes niemals homogen sind. Die Geländetopographie, Art und Lage von Entwässerungen, Staustufen und Wehre ergeben damit kleinflächige Unterschiede im Emissionsverhalten. Auch die (natürlichen) jahreszeitlichen Schwankungen zwischen den Grundwasserständen beeinflussen die Emissionen. Die Ergebnisse, die im Landschaftsemissionsmodell des Klimaplans berechnet wurden, finden sich im Entwurf des Moorschutzfachkonzepts des LfU summarisch wieder.

¹²⁹ Die Angabe ist nicht vollständig vergleichbar, da nicht alle Landnutzungsklassen dargestellt werden.

Tabelle 50: Restemissionen nach Wiedervernässung in den Klimaplanszenarien im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg

Quelle: Eigene Berechnungen.

Aktivität	Restemissionen in t CO ₂ e /ha /a	
	nach Thünen-Submission, Basis 2020	nach GEST
Wiedervernässung von Grünlandflächen auf Stauziel 3 im Effizienzscenario	durchschnittlich 14,09	durchschnittlich 12,8
Wiedervernässung von Grünlandflächen auf Stauziel 3-4 im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“	durchschnittlich 12,0	durchschnittlich 10,9

Bestockung wiedervernässter Moorflächen mit Erle

Eine Besonderheit in den Szenarien und im Maßnahmenset des Klimaplangutachtens Brandenburg ist die Bestockung wiedervernässter Moorflächen mit Erlen zur Holzproduktion. Damit wird neben der moorschonenden Landwirtschaft über Moorgrünland bzw. Paludikultur eine zweite, forstwirtschaftliche Nutzungsart im Rahmen der Nutzung vernässter Niedermoorflächen gestellt.

Die Möglichkeit der Erlenbestockung wurde zuletzt im BfN-Skript 616 im Jahr 2021 genannt (Närmann et al. 2021). Bilanziell kann damit zu der Emissionsminderung durch die Wiedervernässung die Senkenleistung über eine dauerhafte Kohlenstoffsequestrierung entsprechend den Emissionsberechnungen der Wälder addiert werden. Grundlage der Berechnung sind die im o. g. BfN-Skript genannten Ertragswerte in Verbindung mit den entsprechenden forstlichen Ertragstafeln.

Der Flächenansatz, der dem Landschaftsemissionsmodell für die Erlenbestockung zugrunde liegt, ist prinzipiell variabel skalierbar, da sich die Standorteigenschaft der Erle über ein relativ breites Spektrum an Wasserständen erstreckt. Bilanziell wird allerdings die flächenmäßige Betrachtung einer möglichen und durchaus eingeschränkten Nachnutzung in Ansatz gebracht. Aufgrund der oben bereits genannten kleinräumigen Unterschiede in den Zielwasserständen nach erfolgter Wiedervernässung, ist davon auszugehen, dass je nach individuellen hydrogeologischen Verhältnissen im Gebiet bestimmte Flächen aufgrund des zu hohen Wasserstands mit landwirtschaftlichen Methoden nicht mehr zu bewirtschaften sind. Um eine Nutzungs- und damit auch Ertragsoption zu erhalten, ist eine forstwirtschaftliche Nutzung eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Lösung mit hohem Klimaschutzpotenzial.

Nachfolgende Tabelle zeigt den zusätzlichen Senkenwert für Erstaufforstung mit Erle auf wiedervernässten Moorflächen.

Tabelle 51: Emissionsverhalten bei Erstaufforstung mit Erle auf wiedervernässten Moorflächen im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg

Quelle: Eigene Berechnungen.

Aktivität	Emissionsverhalten in t CO ₂ e /ha /a (Basis 2020)
Offenland zu Erle	-5,50

In der Strategie zur Bestockung vernässter Niedermoorflächen (siehe weiter unten in den Szenarien und Maßnahmen) werden neben der Erle auch weitere Baumarten der Hart- und Weichholzaue benannt. Ein Bezug zur Erle in den Szenarien wurde aufgrund der Möglichkeiten der Berechnung des o. g. Emissionsverhaltens hergestellt.

3.8.2.4 Szenariodesign zu sonstigen Handlungsschwerpunkten des Offenlands

Offenland-Biomasse

Wie bei der Berechnung der Senkenleistung des Waldes ist bei der Gesamtbilanz des Offenlandes (auf mineralischen Böden) die ober- und unterirdische Biomasse von entscheidender Bedeutung. Eine Steigerung ist zum einen durch die Förderung von Dauerkulturen (z. B. Dauergrünland, Obstanbau) zu erzielen. Zum anderen ist die Biomasse wesentlich von Art und Umfang von Gehölzen in der Landschaft abhängig. Landschaftsgehölze können in Form von klassischen Landschaftselementen (Feldgehölze, Hecken, Alleen, etc.), landwirtschaftlicher Holzerzeugung (Kurzumtriebsplantagen - KUPs) oder zusammengefasst in Form von Agroforstsystemen vorkommen. Die Klimaplanszenarien betrachten Landschaftsgehölze auf der Gesamtfläche Brandenburgs zunächst summarisch. Eine Differenzierung findet lediglich anhand der zu erwartenden Umtriebszeiten der einzelnen Gehölzarten statt: Das Effizienzscenario favorisiert grundsätzlich eine Zunahme von Landschaftsgehölzen mit langer Umtriebszeit, da hier von einer wesentlich höheren Auswirkung auf die Senkenleistung der Offenland-Biomasse insgesamt ausgegangen wird (inkl. positive Effekte auf den Holzproduktespeicher). Im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ tragen vermehrt Kurzumtriebsplantagen zu Bereitstellung von energetisch verwertbarer Biomasse bei. Die Auswirkung auf das Emissionsverhalten im Sektor LULUCF ist jedoch sehr begrenzt, da im Bilanzzeitraum nur über eine geringe Anreicherung von Kohlenstoff im Boden in Höhe von durchschnittlich -0,91 t CO₂e /a ausgegangen werden kann. Die erzeugte Biomasse ist jedoch nach Sektorbetrachtung nicht im LULUCF bilanzierbar.

Die Innovationsgruppe AUFWERTEN an der BTU Cottbus Senftenberg geht in einer Studie von 5,2 t CO₂e/ha/a für langlebige Gehölze mit Umtriebszeiten von ca. 100 Jahren aus. Bei schnellwachsenden Gehölzen mit Umtriebszeiten von 5 Jahren werden – nicht sektorbilanzrelevante – CO₂-Bindungen von 21,6 t CO₂e/ha/a erreicht. (Tsonkova und Böhm 2020) Da die Kohlenstoffbindung ab Pflanzung bis zum Jahr 2045 ansteigt, wird für den Klimaplan ein entsprechendes Emissionsverhalten angenommen.

Tabelle 52: Emissionsverhalten von zusätzlichen Landschaftsgehölzen im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg

Quelle: Eigene Berechnungen.

Aktivität	Emissionsverhalten in t CO _{2e} /ha /a (Basis 2020)
Offenland zu Landschaftsgehölzen mit hoher Umtriebszeit (vorw. Landschaftselemente)	-1,94 bis -4,28 linear ansteigend
Offenland zu Landschaftsgehölzen mit geringer Umtriebszeit (vorw. KUPs)	-0,91

Das Emissionsverhalten von Landschaftsgehölzen mit hoher Umtriebszeit wird bei Pflanzung mit -1,94 t CO_{2e}/a gutachterlich angenommen, mit fortschreitendem Alter steigt die Senkenleistung auf -4,28 t CO_{2e}/a bis 2045 an.

Mineralische Böden Offenland

Emissionen aus mineralischen Böden des Offenlands setzen sich im Wesentlichen aus den Kohlenstoffpools des Bodens des Acker- und Grünlands zusammen. Während die Emissionen im Ackerland in Trend leicht steigen, sinken die Grünlandemissionen. Zusammengerechnet sinken die Emissionen im Zeitraum bis 2045 bereits im Referenzszenario. Der Handlungsspielraum zur Optimierung ist bilanziell begrenzt. Durch Förderung von landwirtschaftlichen Dauerkulturen sowie einer weitergehenden, humusschonenden Bewirtschaftung lässt sich der Kohlenstoffpool um etwa 10 % steigern. Nähere Beschreibungen hierzu finden sich im Sektor Landwirtschaft. Die Annahmen hierzu sind in beiden Szenarien gleich gutachterlich getroffen worden.

Tabelle 53: Emissionsverhalten klimaschonender Bodenbewirtschaftung im Offenland im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg

Quelle: Eigene Berechnungen.

Aktivität	Emissionsverhalten in t CO _{2e} /ha /a
Klimaschonende Bewirtschaftung mineralischer Böden im Offenland	durchschnittlich -2,18 linear ansteigend

3.8.2.5 Szenariodesign zu Siedlungen

Siedlungsemissionen setzen sich, wie die meisten anderen CRF-Subsektoren, aus den Emissionen des mineralischen und organischen Bodens, der Biomasse und der DOM (dead organic matter) zusammen. Während wiederum die Biomasse als Senke wirkt, sind alle übrigen Kohlenstoffpools Quellen. Bemerkenswert ist der Emissionsfaktor von organischen Böden in Siedlungen; er übersteigt den Emissionsfaktor der mineralischen Böden um das 92-fache. 1,5 % aller Siedlungen in Brandenburg befinden sich auf organischen Böden, sie verursachen damit mehr als die Hälfte aller Bodenemissionen

Tabelle 54: Bestandteile der Siedlungsemissionen als Nebenrechnung im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Thünen (2022a).

Aktivität (Nebenrechnung)	Emissionsverhalten in t CO ₂ e /ha /a
Organische Böden in Siedlungen	28,75
Mineralische Böden in Siedlungen	0,31
Biomasse in Siedlungen	-0,52
DOM in Siedlungen	0,25

Da gutachterlich davon ausgegangen wird, dass bestehende Siedlungen nicht zurückgebaut werden können und die Emissionen in Bestandssiedlungen nur wenig zu beeinflussen sind, werden die Faktoren Neuinanspruchnahme insgesamt und Neuinanspruchnahme organischer Böden durch Siedlungsentwicklung bilanziell in Ansatz gebracht. Bei der Neuinanspruchnahme wird der Durchschnitt der Emissionen aus mineralischen Böden, Biomasse und DOM in Ansatz gebracht. Zugrunde gelegt ist eine Einhaltung des 30-Hektar-Ziel des Bundes.¹³⁰ Zusätzliche Flächeninanspruchnahme auf organischen Böden ist kein Bestandteil der Szenarien.

3.8.2.6 Szenariodesign in der Gesamtschau

Nachfolgende Gesamtschau der Aussagen zu den beiden Klimaplanzenarien basieren auf den weiter oben genannten Angaben zum Emissionsverhalten unterschiedlicher Aktivitäten in Verbindung mit den gutachterlich angenommenen Flächenansätzen.

Bei der Entwicklung beider Szenarien wurde deutlich, dass die aus der gesamtbilanziellen Betrachtung der Sektoren Landwirtschaft und LULUCF in Brandenburg resultierenden Notwendigkeiten, also eine mindestens notwendige Senkenleistung im LULUCF von 1,5 Mt CO₂e im Effizienzscenario und mindestens 2,0 Mt CO₂e im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ zur Kompensation der Restemissionen der Landwirtschaft, nur durch erhebliche Eingriffe in die land- und forstwirtschaftliche Nutzung und die Siedlungsentwicklung mit den damit verbundenen Veränderungen in der Flächennutzung im Land Brandenburg insgesamt zu erzielen ist.

Die Flächenansätze zu allen Aktivitäten berücksichtigen dabei, wie bereits oben erläutert, den Faktor Zeit, d. h. es werden im Landschaftsemissionsmodell stets auch die Emissionen bilanziert, in denen aufgrund des sehr begrenzten Zeitraums bis 2045 keine Klimaschutzaktivitäten stattfinden.

¹³⁰ Das Umweltbundesamt hat bei einer Verteilung dieses nationalen Zielwerts auf die Bundesländer eine Begrenzung der Neuinanspruchnahme von 1,3 ha pro Tag für Brandenburg bis 2020 vorgeschlagen (UBA 2013)

Tabelle 55: Aktivitäten der Handlungsschwerpunkte in den beiden Klimaplanszenarien
 Quelle: Eigene Annahmen.

	Szenario I: „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“
Wald und Forstwirtschaft	<p>Intensivierung der Waldumbaumaßnahmen: Ziel klimaplastischer Wald entsprechend Leitbild Extensivierung/Speicherung (Waldumbau, präferiert durch Naturverjüngung 8.000 ha / Jahr); Steigerung Anteil Naturwaldzellen</p> <p>Deutliche Steigerung der Umtriebszeiten, Erhöhung Anteil Laubbaumarten, deutliche Begrenzung der Holzentnahme</p> <p>Waldflächenvermehrung durch Aufforstung / Extensivierung / Sukzession (57.500 ha)</p> <p>Intensivierung von Forstschutzmaßnahmen, Zuwegung, ggf. Entmunitionierung Zuwegung/Schneisen</p> <p>Schwerpunkt Ausbau Holzproduktespeicher, Begrenzung energetische Holznutzung</p>	<p>Intensivierung der Waldumbaumaßnahmen: Radikaler Waldumbau (5.000 ha / Jahr) entsprechend Leitbild Holzproduktion; Ziel klimaplastischer Wald mit langfristiger Erhöhung des Holzvorrates (Wechsel führende Baumart, etc.)</p> <p>Erhöhung Anteil klimaresilienter Baumarten (u. a. auch Douglasie, Küstentanne, etc.), reguläre Holzentnahme</p> <p>Waldflächenvermehrung durch Aufforstung (92.000 ha), deutliche Erhöhung forstliches Vermehrungsgut</p> <p>Intensivierung von Forstschutzmaßnahmen inkl. Schneisen, Zuwegung, ggf. Entmunitionierung Zuwegung/Schneisen</p> <p>Intensivierung Holzprodukteverwendung; u. a. Holzbaustrategie Berlin/Brandenburg, Fortführung der energetischen Holznutzung auf aktuellem Niveau</p>
Organische Böden, Moorflächen	Vollständige Umwandlung von Acker zu Grünland innerhalb der Niedermoorkulisse bis 2030	
	<p>Anhebung Grundwasserstände / Wiedervernässung auf anmoorigen/moorigen Acker- und Grünlandflächen auf Stauziel 3; Reduktion der Mooremissionen um insgesamt 4,7 Mt CO_{2e}</p> <p>Neubestockung Erle auf 37.581 ha</p>	<p>Anhebung Grundwasserstände / Wiedervernässung auf anmoorigen/moorigen Acker- und Grünlandflächen auf Stauziel 3 – 4; Reduktion der Mooremissionen um 4,96 Mt CO_{2e}</p> <p>Neubestockung Erle auf 45.932 ha</p>
Mineralische Böden / Offenlandbiomasse	Erhalt und Erhöhung der Kohlenstoffvorräte in mineralischen Böden, u. a. Förderung Humusanreicherung auf landwirtschaftlichen Böden / Humusstrategie; Förderung Dauerkulturen; Begrenzung Anbau humuszehrender Früchte, etc.	
	Deutliche Steigerung der Landschaftselemente im Landwirtschaftsraum (zusätzlich 31.000 ha)	Deutliche Steigerung von Kurzumtriebsplantagen (zusätzlich 32.000 ha)

	Szenario I: „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“
Siedlungs- und Verkehrsflächen	Begrenzung Flächeninanspruchnahme auf max. 1,3 ha/Tag; vollständiger Verzicht auf zusätzliche Flächeninanspruchnahme auf organischen Böden; Nutzung Rückbau- und Entsiegelungspotenziale; Wiederherstellung der Bodenfunktion	

Erläuterungen und Begründungen zu den gutachterlichen Flächenannahmen werden in den Szenarienbeschreibungen gegeben.

3.8.3 Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“

Nachfolgend werden die Treibhausgasentwicklungen in Brandenburg entsprechend der Szenariensätze getrennt nach den übergeordneten Handlungsschwerpunkten dargestellt.

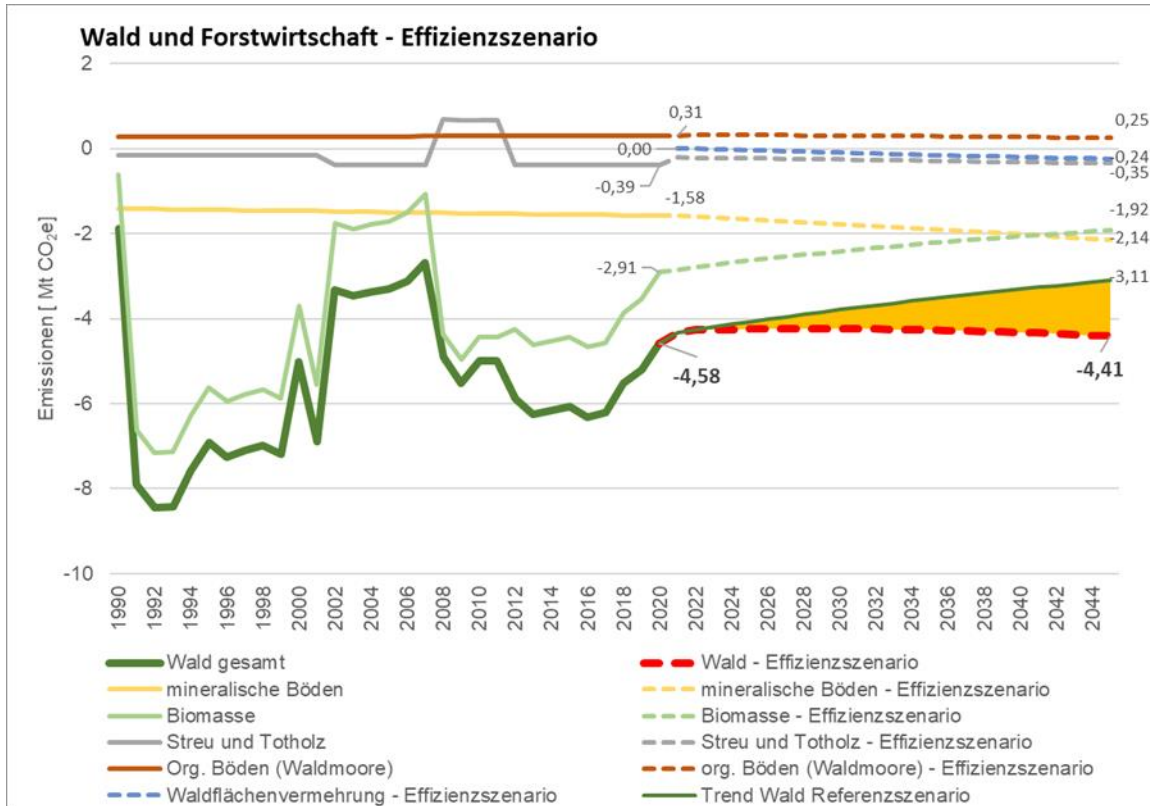
Wald- und Forstwirtschaft im Szenario I

Durch die dargestellten Szenariensätze ist es möglich, dem klimawandelbedingten Senkenverlust der Brandenburger Wälder fast vollständig entgegenzuwirken. Durch die deutliche Beschleunigung des vor allem auf Naturverjüngung basierenden Waldumbaus, sowie durch Extensivierungsprozesse im Effizienzscenario verbessert sich die Senke gegenüber der Referenz um ca. 0,22 Mt CO₂e im Biomassepool und ca. 0,48 Mt CO₂e durch die Steigerung des Kohlenstoffpools im mineralischen Waldboden. Weitere ca. 0,26 Mt CO₂e werden durch Wiedervernässung von Waldmooren erreicht. Die Extensivierungsprozesse wirken sich ebenfalls positiv auf die Kohlenstoffpools in Streu und Totholz aus. Der Waldumbau, als wichtigster Hebel zur Stabilisierung der Senkenleistung im Brandenburg, wird im Effizienzscenario mit einer jährlichen Umbaufläche von 8.000 Hektar ab dem Jahr 2023 in Ansatz gebracht. Das bedeutet eine Intensivierung des jährlichen Umbaus um das 4 – 5-fache gegenüber dem bisherigen Umfang. Im Ergebnis kann mit diesem ambitionierten Ansatz bis 2045 ca. 185.000 Hektar umgebauter Fläche erreicht werden. Hinzu kommen die mit Stand 2020 bereits erreichten Erfolge des Waldumbaus in Brandenburg sowie die bereits vorhandenen strukturreichen Mischwälder (die zumindest zum großen Teil die Anforderungen an einen klimaplastischen Wald erfüllen). In der Summe werden damit etwa 470.000 ha erreicht. Deutlich mehr als die Hälfte aller Waldflächen sind allerdings zu diesem Zeitpunkt noch im ursprünglichen Zustand.

Wesentliches Instrument des Waldumbaus ist die Naturverjüngung und die wichtigste Komponente des Leitbilds „Extensivierung/Speicherung“. Mit Naturverjüngung wird erreicht, dass die Klimaresilienz und die Stabilität der Wälder, vor allem durch eine deutliche Erhöhung der heimischen, standortgemäßen Laubbaumarten und eine Diversifizierung der Altersstruktur ohne einen bilanziellen Einbruch des Kohlenstoffpools im Zeitraum bis 2045 stattfinden kann. Gleichzeitig wird damit, zumindest teilweise, das aus heutiger Sicht enorme Ambitionsniveau beim jährlichen Flächenumfang des Umbaus relativiert. Trotz allem müssen die entsprechenden finanziellen Mittel vergrößert werden, die fachliche Betreuung des Waldumbaus sichergestellt werden sowie eine deutlich höhere Verfügbarkeit von forstlichen Vermehrungsgut realisiert werden.

Abbildung 49: Wald und Forstwirtschaft im Effizienzscenario

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Thünen (Thünen 2022a).



Die Altersstruktur zukünftiger Wälder im Leitbild „Extensivierung/Speicherung“ entspricht weitgehend dem Naturschutzpräferenzszenario des Thünen-Instituts (Oehmichen et al. 2018). Mit einer Bewirtschaftungsänderung in Richtung Dauerwaldbewirtschaftung wird im Leitbild „Extensivierung/Speicherung“ die Vorratshaltung im Durchschnitt deutlich erhöht. Durch die Begrenzung der Entnahme insbesondere in den Laubholzbeständen liegt das durchschnittliche Bestandesalter aller Baumarten in 2045 bei 80 – 120 Jahren, bei Laubholz noch darüber. Die Baumartenanteile verändern sich vorwiegend durch Naturverjüngung, mit steigenden Laubholzanteilen jedoch etwas moderater und auch langsamer als im Thünen-Szenario. Einem deutlichen Rückgang des Kohlenstoffpools innerhalb des Klimaplanzeitraums wird damit entgegengewirkt.

Die Entnahmen aus forstlich genutzten Beständen werden gesenkt, die Nutzmenge pro Hektar und insgesamt geht zurück. Damit sinkt selbstverständlich die Verfügbarkeit von Holz, sowohl für die stoffliche als auch die energetische Nutzung.

Um den Prozess so effizient und kostengünstig wie möglich zu gestalten, ist die Wilddichte im Land Brandenburg wesentlich zu reduzieren. Alle dahingehenden Untersuchungen sowie eine Vielzahl empirischer Beobachtungen zeigen den direkten Zusammenhang zwischen Schalenwild-dichte und dem natürlichen Aufwuchs im Bestandsbild und damit einhergehend einer Diversifizierung und Erhöhung des Holzvorrats. Das Land Brandenburg hat mit dem parlamentarischen Prozess zur Novellierung des Jagdrechts begonnen. Eine zeitnahe Reform ist eine der Grundlagen des Effizienzscenario des Klimaplan.

Ein größerer Anteil der Waldflächen wird aus der Nutzung genommen, die Effekte wirken sich im Zeitraum bis 2045 und voraussichtlich noch wesentlich länger positiv auf den Biomassepool aus. Wann das Gleichgewicht zwischen Zuwachs und Verlust durch biogene Prozesse erreicht ist, ist

je nach Charakter der Bestände sehr stark unterschiedlich und ist in der Wissenschaft nach wie vor nicht vollständig geklärt. Es ist jedoch sicher, dass sich eine Nutzungsunterlassung bzw. -einschränkung im Klimaplanzeitraum bilanziell positiv auswirkt.

Hervorzuheben sind außerdem die durch Erstaufforstung erreichten ca. 260 kt CO₂e bis 2045, insbesondere auch deshalb, weil die so entstandene Senke dauerhaft weit über den Zeitraum von 2045 hinauswirkt und die flächenspezifische Senkenleistung nach 2045 sogar noch ansteigt. In Flächen bedeutet dies eine jährliche zusätzliche Waldfläche von 2.500 ha, in Summe sind dies 57.500 ha bis 2045. Wie die Aktivitätswerte der Nebenrechnung zur Erstaufforstung zeigen, ist die Frage, welche Flächen für die Waldumwandlung in Anspruch genommen werden, differenziert zu betrachten. Aus Sicht der Entwicklung der Kohlenstoffpools liefern Ackerflächen und Siedlungsflächen deutlich höhere Emissionseinsparungen als Grünland. Aus der Sicht landwirtschaftlicher Produktion sind darüber hinaus Standorte mit einer geringen Bodenwertzahl bevorzugt zu wählen. Die darüber hinaus im Land Brandenburg vorhandenen Flächenpotenziale, beispielsweise die Sonderstandorte, ehemalige militärisch genutzte Flächen bzw. Brachflächen im weitesten Sinne, müssen in weitergehenden Untersuchungen auf ihre Nutzbarkeit für Erstaufforstung unter Beachtung einer möglichst optimalen Senkenleistung untersucht werden. Generell sind jedoch naturschutzrechtlich geschützte Gebiete auszunehmen.

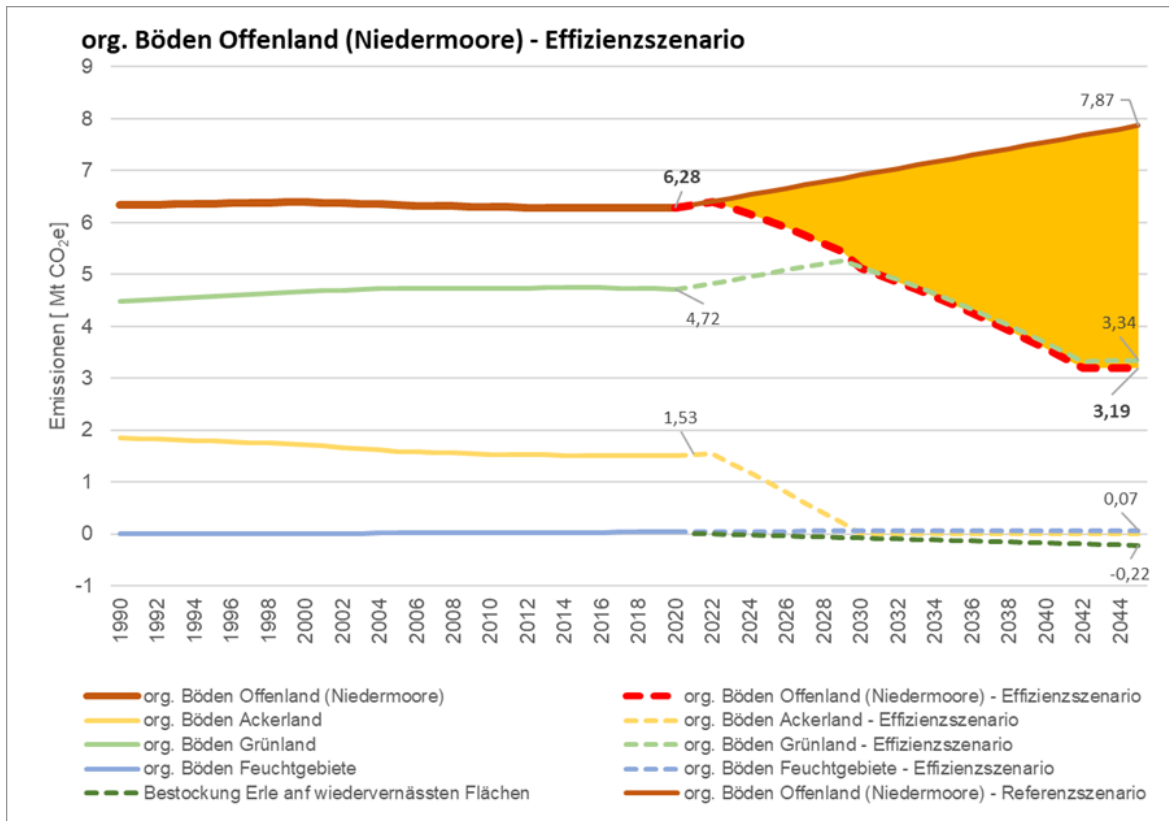
Organische Böden des Offenlandes (Niedermoore) im Szenario I

Mit einer Emission von 6,28 Mt CO₂e in 2020 und einer prognostizierten Emission von 7,87 Mt CO₂e in 2045 sind die Offenland-Niedermoore der mit Abstand größte Hebel der Emissionsreduktion im Sektor LULUCF.

Das Emissionsverhalten der drei bereits genannten, bilanzrelevanten Maßnahmen (Ackerumwandlung, Wiedervernässung und Bestockung mit Erle) sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt. Alleine durch die Änderung der Hauptnutzungsart Ackerland zu Grünland ohne Wiedervernässung innerhalb der Niedermoorkulisse Brandenburgs lassen sich 275 kt CO₂e/a einsparen. Im Effizienzscenario werden die Ackerlandemissionen bis 2030 auf null reduziert und verursachen gleichzeitig einen Anstieg der Grünlandemissionen. Deren Emissionskurve verläuft durch die ab 2023 beginnende Wiedervernässung in einem Umfang von ca. 9.000 ha/Jahr insgesamt stark degressiv und resultiert in Restemissionen von 3,19 Mt CO₂e in 2045. Aus der Bestockung mit Erle auf ca. 37.500 ha der wiedervernässten Flächen kommt noch einmal eine Senkenleistung von 220 kt CO₂e hinzu. In der Summe wird eine Reduktion der Offenland-Niedermooremissionen um 3,09 Mt CO₂e gegenüber 2020 erreicht.

Grundlage der Emissionsberechnung im Effizienzscenario ist eine durchschnittliche Wiedervernässung auf ein durchschnittliches Stauziel 3 auf insgesamt 90 % der Niedermoorkulisse auf landwirtschaftlichen Flächen des Landes Brandenburg. Es werden somit kalkulatorisch ca. 187.000 ha wiedervernässt. Die durchschnittlichen Stauhöhen bzw. die Grundwasserflurabstände (GWFA) sowie die Nutzungsarten sind bereits in Tabelle 48 dargestellt. Demnach wird beim Stauziel 3 von einem durchschnittlichen sommerlichen GWFA von 10 bis 40 cm unter Flur ausgegangen. Da die Flurabstände sowohl von der Geländetopographie, von Art und Umfang der Stauanlagen und Abflüsse sowie von der jahreszeitlich schwankenden Wasserzufuhr abhängen, variieren auf Einzelflächen die Grundwasserflurabstände nach Wiedervernässung erheblich. In einer Modellrechnung für das südliche Randowbruch wurde demnach bei derzeitigen klimatischen Verhältnissen ein Überstau der Flächen zwischen Januar und April berechnet (Tix, Mauritius 2022).

Abbildung 50: Organische Böden im Offenland (Niedermoore) im Effizienzscenario
 Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Thünen (2022a).



Weiterhin ist anzumerken, dass sich der GWFA innerhalb der wiedervernässten Gebiete kleinflächig unterscheidet. Damit sind mögliche Emissionsreduktionen entsprechend zu pauschalisieren, andererseits werden damit Auswirkungen auf den Handlungsrahmen einer möglichen (Nach-)Nutzung der wiedervernässten Flächen vorgegeben. Die Orientierung am Stauziel 3, bzw. am Stauziel 3 – 4 im Szenario „Grüne Brennstoffe“ stellt damit einen Zustand her, bei dem Mooremissionen zwar wesentlich verringert werden, eine Senkenfunktion, also eine Akkumulation von Kohlenstoff durch Torfbildung, jedoch nur sehr kleinflächig auf den nassesten Moorflächen erfolgen wird. Eine gutachterliche Empfehlung für das durchschnittlich zu erreichende Stauziel 3 ist unter der Prämisse des größtmöglichen Erhalts der Nachnutzungsfähigkeit der wiedervernässten Flächen unter weitestgehender Emissionsreduktion getroffen worden. Anzumerken ist ebenfalls, dass eine Umsetzung von Wiedervernässung auf 90 % aller Moorflächen, wie in den beiden Szenarien kalkulatorisch zugrundegelegt wird, stets die Prüfung der gesamten Moorkulisse voraussetzt, da davon ausgegangen werden muss, dass spezielle Raumwiderstände auf Einzelflächen einer Wiedervernässung entgegenstehen.

Der Flächenumfang von 37.500 ha für die Erstaufforstung mit der Roterle oder anderen Gehölzen der Hart- und Weichholzaue im Effizienzscenario beruht damit auf der unterschiedlichen Flächen-eignung vernässter Standorte für alternative Nutzungsarten.

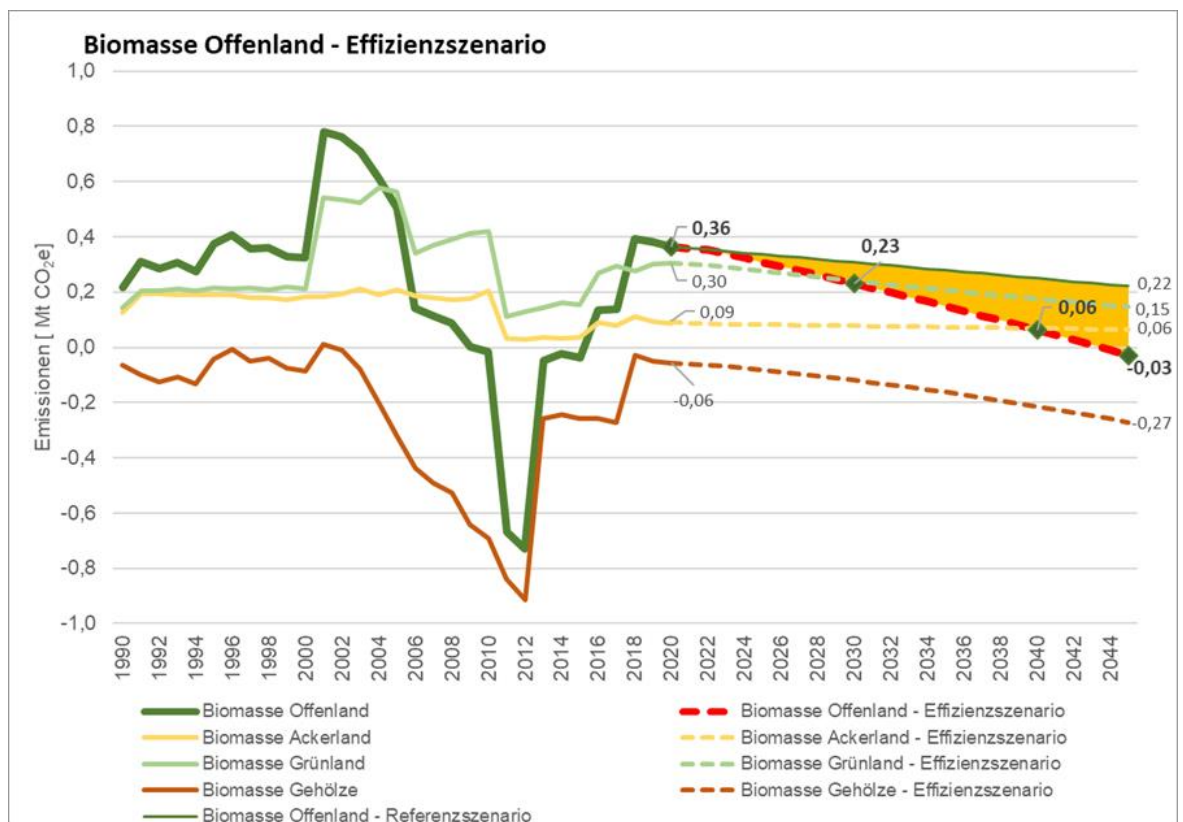
Biomasse des Offenlandes im Szenario I

Der Hebel im Emissionsverhalten der Offenland-Biomasse ist wesentlich geringer als in den vor- genannten Handlungsschwerpunkten. Tatsächlich ist bereits in der Referenz von einer leichten Reduktion der Emissionen auszugehen. Diese positive Entwicklung kann durch die weiterge- hende Etablierung von Dauerkulturen im CRF Subsektor Grünland gesteigert werden. Wichtigste

Komponente der Offenland-Biomasse ist jedoch der Anteil an Landschaftsgehölzen im landwirtschaftlichen Raum. Das Effizienzscenario des Klimaplanes geht von einer Etablierung von zusätzlich ca. 31.000 ha Gehölzen in Form von Hecken, Feldgehölzen bzw. Agroforstsystemen aus. Um die Senkenleistung dauerhaft zu sichern, geht das Leitbild dabei von einer hohen Umtriebszeit aus. Der Zuwachs von 31.000 ha entspricht einer Verdoppelung des Flächenanteils in Brandenburg und kompensiert damit vollständig den Verlust der Gehölze in der Agrarlandschaft Brandenburgs seit 1990.

Abbildung 51: Biomasse im Offenland im Effizienzscenario

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Thünen (2022a).



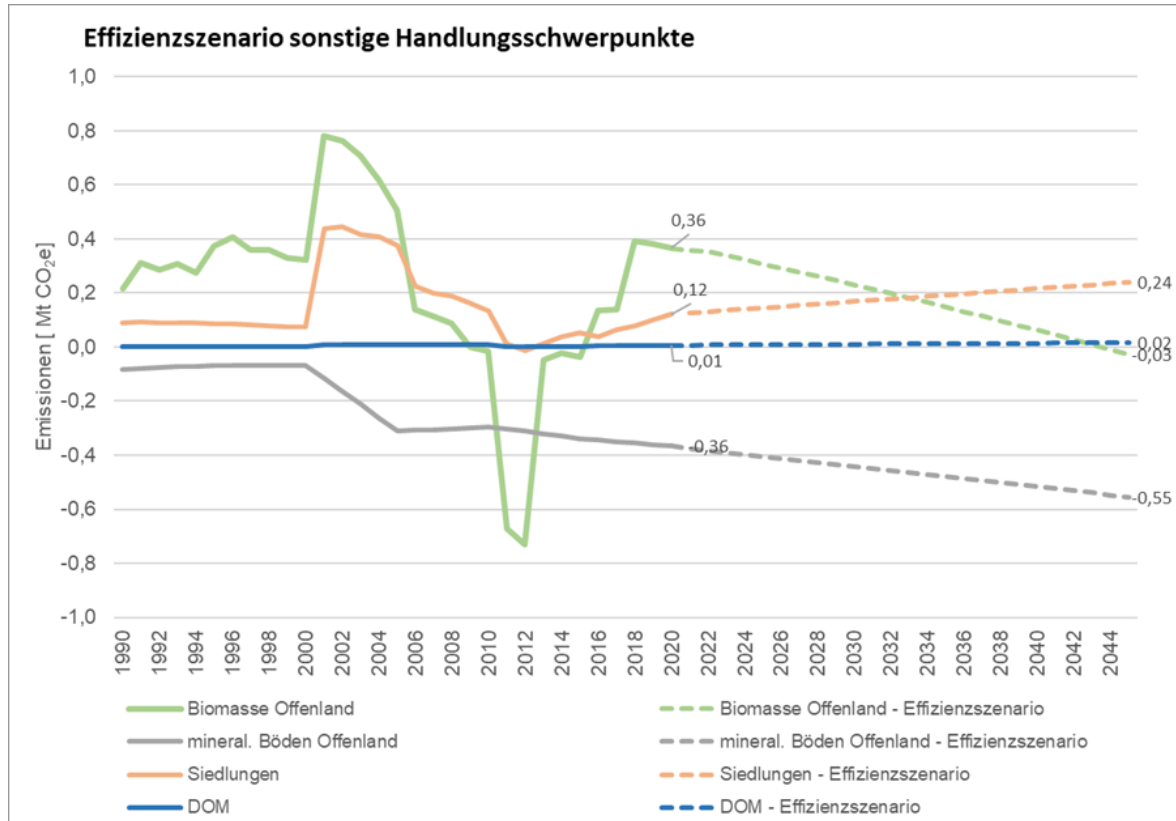
Sonstige Handlungsschwerpunkte im Szenario I

Neben der Biomasse ist im Offenland noch der Kohlenstoffpool der mineralischen Böden zu beachten. Eine leichte Senkensteigerung ist durch Förderung von Dauerkulturen Teil des Effizienzscenario.

Von Bedeutung sind daneben die Siedlungsemissionen. Unter Beachtung der Einhaltung eines 1,3-Hektar-Ziel (UBA 2013) bei der Siedlungsentwicklung und eines vollständigen Verzichtes der Flächeninanspruchnahme auf organischen Böden kann im Effizienzscenario eine Reduktion des Anstiegs erreicht werden, der Anstieg selbst ist ohne Rückbau bestehender Siedlungsstrukturen nicht zu realisieren.

Abbildung 52: Sonstige Handlungsschwerpunkte

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Thünen (2022a).

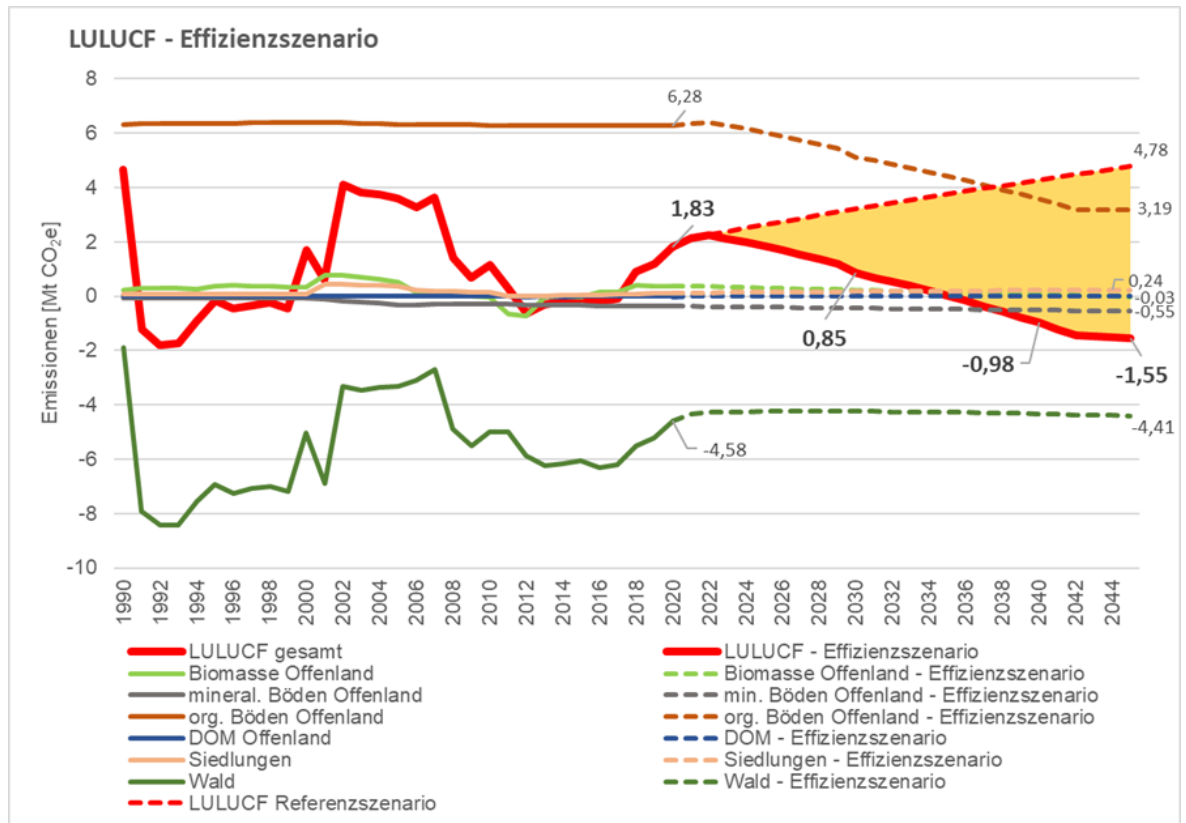


Gesamtschau des Sektors LULUCF im Szenario I

Durch die Szenarienansätze aller Handlungsschwerpunkte im Effizienzzenario lassen sich bis 2045 Emissionsreduktionen von 3,43 Mt CO₂e gegenüber 2020 und 6,33 Mt CO₂e gegenüber dem Referenzszenario erreichen. Hauptsächlich Treiber sind Niedermoor des Offenlands und die Stabilisierung der Senkenleistung des Waldes in Brandenburg.

Abbildung 53: Gesamtschau des Sektors LULUCF im Effizienzzenario

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Thünen (2022a).



3.8.4 Szenario II „Mehr grüne Brennstoffe“

Die Berechnungen der Emissionsverläufe der einzelnen Handlungsschwerpunkte im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ folgt den im Szenariodesign angegebenen Spezifikationen und entspricht methodisch vollständig dem Effizienzzenario des Landschaftsemissionsmodells. Aus Platzgründen erfolgt hier keine handlungsschwerpunkt-spezifische Darstellung. Nachfolgende Abbildung stellt die Ergebnisse des Szenarios „Mehr grüne Brennstoffe“ summarisch dar.

Wald- und Forstwirtschaft im Szenario II

Der klimawandelbedingte Senkenverlust der Brandenburger Wälder wird im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ deutlich reduziert. Mit einer verbliebenen Senkenleistung von 3,97 Mt CO₂e liegt der Wert jedoch deutlich über dem des Effizienzzenarios. Auch hier wird der Waldumbau wesentlich beschleunigt. Mit einer jährlichen Umbaufläche von 5.000 Hektar ab dem 2023 werden in der Summe etwa 115.000 Hektar per 2045 erreicht sein, weniger als im Effizienzzenario. Der Wert liegt allerdings immer noch über dem 2 – 3-fachen der aktuellen Waldumbaurate. Mit einem Umbau nach dem Leitbild „Holzproduktion“ ist der Charakter des Umbaus deutlich radikaler als im Effizienzzenario. Ein Wechsel der führenden Baumart bedingt eine höhere vorherige Entnahme / Holzernte, die wiederum zum Einbruch des Kohlenstoffpools der Bestände führt. Auch eine Erhöhung der Anteile von Baumarten, die über eine höhere Klimaschutzleistung verfügen (siehe Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2018)), wirkt sich im Zeitraum bis 2045 nur zu einem Teil auf den Kohlenstoffpool aus. Unter anderem auch aufgrund des erhöhten Bedarfs an forstlichem Vermehrungsgut ist eine Umbaurate von mehr als 5.000 ha/Jahr kaum realisierbar.

Umtriebszeiten werden im Leitbild „Holzproduktion“ im Durchschnitt etwas gesenkt, die Entnahmen aus forstlich genutzten Beständen werden leicht gesteigert, folgen jedoch ebenfalls den Grundsätzen einer nachhaltigen Forstwirtschaft. Großer Vorteil dieses Leitbilds ist die erhöhte Verfügbarkeit von Holz, sowohl für die stoffliche als auch energetische Nutzung. Mittelfristig kann eine veränderte Baumartenzusammensetzung positive Effekte auf den Holzproduktespeicher haben, u. a. zur Stärkung der Holzbauoffensive des Landes Brandenburg (MIL 2021). Da jedoch vor allem die Holznutzung nur zum Teil im Sektor LULUCF bilanzierbar ist, ist der Einfluss auf die bilanzielle Senkenleistung begrenzt.

Auch im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ werden weitere ca. 260 kt CO₂e durch Wiedervernässung von Waldmooren erreicht. Der Kohlenstoffpool im mineralischen Waldboden vergrößert sich um 300 kt CO₂e, damit liegt der Wert deutlich unter dem des Effizienzszenarios. Die Extensivierungsprozesse wirken sich ebenfalls positiv auf die Kohlenstoffpools in Streu und Totholz aus, jedoch auch hier geringer als im EffizienzszENARIO.

Um dem Senkenverlust stärker entgegenzuwirken, geht das Szenario von einer jährlichen Erstaufforstung von ca. 4.000 ha/Jahr ab 2023 aus. In Summe sind das 92.000 ha zusätzlicher Waldfläche bis 2045. Damit werden ca. 350 kt CO₂e bis 2045 erreicht. Auch hier wirkt die Senkenleistung in vollem Umfang und mit ansteigenden Werten erst deutlich nach 2045.

Organische Böden des Offenlandes (Niedermoore) im Szenario II

Das Emissionsverhalten der drei bilanzrelevanten Maßnahmenblöcke (Ackerumwandlung, Wiedervernässung und Bestockung mit Erle) verhält sich im Grundsatz analog zum EffizienzszENARIO. Die Änderung der Hauptnutzungsart Ackerland zu Grünland ohne Wiedervernässung innerhalb der Niedermoorkulisse Brandenburgs ist mit einer Emissionsreduktion von 275 kt CO₂e identisch. Auch der Umfang der Wiedervernässung mit ca. 9.000 ha/Jahr ist gleich angenommen.

Im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ ist jedoch das Ambitionsniveau der Wiedervernässung mit einem durchschnittlichen Stauziel 3 – 4 etwas höher als in den Annahmen zum EffizienzszENARIO. Beim Stauziel 4 wird von einem durchschnittlichen sommerlichen GWFA von höher als 10 cm unter Flur. Da mit höheren durchschnittlichen Wasserständen auch die überstaute und damit nicht landwirtschaftlich nutzbare Fläche kalkulatorisch zunimmt, geht das Szenario mit knapp 46.000 ha im Jahr 2045 von einer etwas höheren Fläche für die Erlenbestockung aus.

In der Summe wird eine Reduktion der Offenland-Niedermooremissionen um 3,51 Mt CO₂e ggü. 2020 erreicht, deutlich mehr als im EffizienzszENARIO.

Biomasse des Offenlandes im Szenario II

Die in der Referenz positiven Entwicklungen in der Offenland-Biomasse, wird auch im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ zum Ansatz gebracht.

Wesentlich anders sind die Szenarienansätze bei der Vermehrung von Gehölzstrukturen in der Landschaft. Auch hier werden mehr als 30.000 ha im landwirtschaftlichen Raum zusätzlich etabliert, jedoch vorwiegend in Form von Gehölzen mit kurzer Umtriebszeit (KUP). Aus Sicht der Landwirtschaft haben die KUPs den Vorteil, dass sie grundsätzlich Bestandteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche bleiben. Da die erzeugte Biomasse hauptsächlich der energetischen Nutzung zugeführt wird, sind die sektoralen Bilanzgewinne jedoch mit knapp 30 kt CO₂e, hier wird praktisch nur noch der akkumulierte Kohlenstoff im Boden betrachtet, sehr begrenzt.

Sonstige Handlungsschwerpunkte im Szenario II

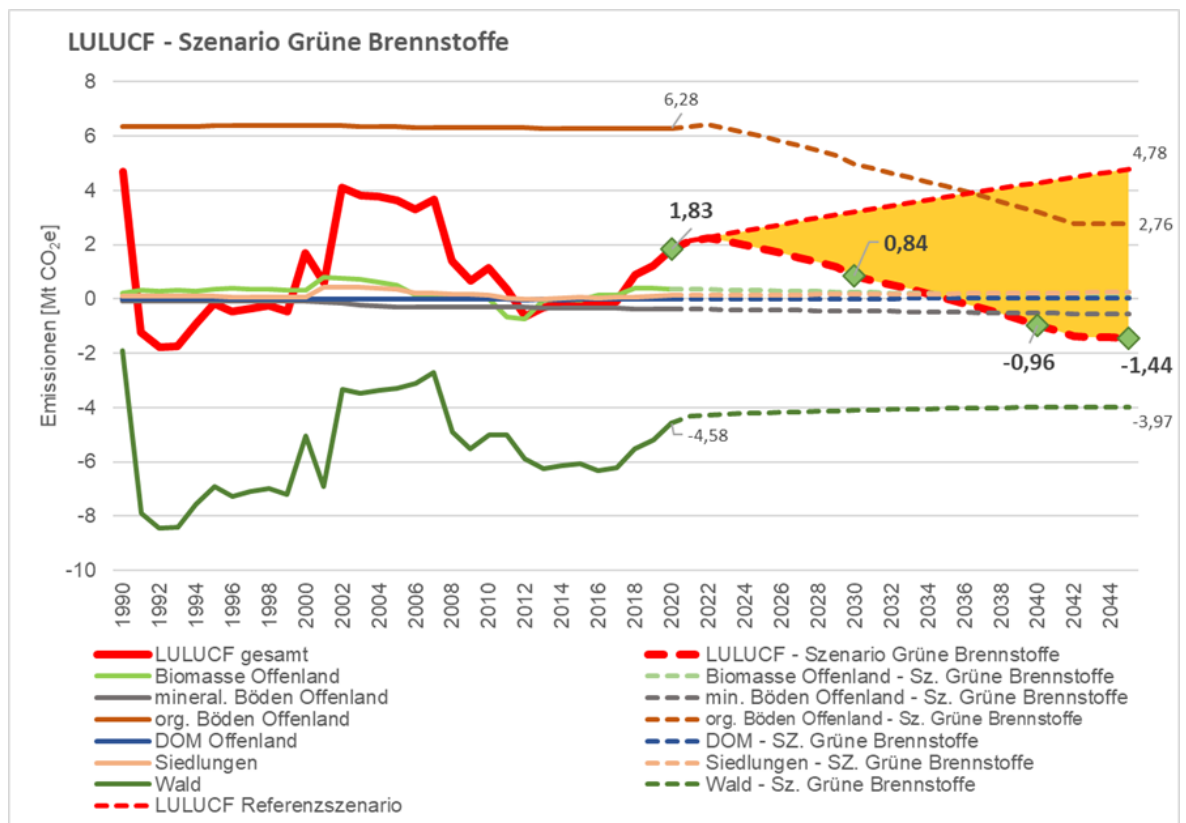
Die Entwicklung im Kohlenstoffpool der mineralischen Böden sowie bei den siedlungsbezogenen Emissionen wird gutachterlich gleichgesetzt zum EffizienzszENARIO.

Gesamtschau des Sektors LULUCF im Szenario II

Durch die Szenarienansätze lassen sich bis 2045 Emissionsreduktionen von 3,32 Mt CO₂e gegenüber 2020 und 6,22 Mt CO₂e ggü. dem Referenzszenario erreichen, ein etwas geringerer Wert als im Effizienzscenario.

Abbildung 54: Gesamtschau des Sektors LULUCF im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Thünen (2022a).



3.8.5 Vergleich und Diskussion der Szenarien

Nachfolgende Tabelle gibt einen zusammenfassenden Überblick über die dem Landschaftsemissionsmodell zugrundeliegenden Auswirkungen der beschriebenen Aktivitäten im Effizienzscenario und im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ gegenüber dem Referenzszenario.

Die Ergebnisse verdeutlichen die zentralen Hebel und die notwendigen Reduktionsstrategien im Sektor LULUCF noch einmal deutlich. Gleichzeitig ist die Anschlussfähigkeit an den Aktionsplan „Natürlicher Klimaschutz“ des BMUV bei den genannten Aktivitäten inhaltlich gegeben (BMUV 2022).

In beiden Szenarien steht die Wiedervernässung der Niedermoore deutlich im Vordergrund; im Effizienzscenario beträgt die Reduktion 4,68 Mt CO₂e, im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ 5,11 Mt CO₂e ggü. dem Referenzszenario. In beiden Szenarien wird 90 % der Offenlandfläche in der Niedermoorkulisse des Landes wiedervernässt. Unterschied zwischen den Szenarien ist das angestrebte Ambitionsniveau der Wiedervernässung. Das Stauziel 3 – 4 im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ stellt nach derzeitigem Stand auch das Maximum des Realisierbaren dar.

Tabelle 56: Zusammenfassung der Reduktionen 2045 der Aktivitäten in beiden Klimaplan-szenarien

Quelle: Eigene Berechnungen.

Aktivität	Auswirkung in Mt CO ₂ e /a im Effizienzscenario ggü. Referenzscenario	Auswirkung in Mt CO ₂ e /a im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ ggü Referenzscenario
Wald und Forstwirtschaft		
Waldumbau/Naturverjüngung, Änderung Bestockung, Bewirtschaftung, Waldschutz (Biomasse und min. Böden)	0,71	0,23
Erstaufforstung	0,24	0,32
Waldmoore	0,26	0,26
Sonstige Kohlenstoffpools im Wald	0,09	0,05
Organische Böden Offenland (Niedermoore)		
Umwandlung Acker in Grünland	0,28	0,28
Wiedervernässung	4,18	4,56
Erle auf wiedervernässten Flächen	0,22	0,27
Offenland Biomasse		
Erhöhung Landschaftselemente im Offenland	0,14	0,03
Sonstige Kohlenstoffpools Offenland Bio-masse	0,11	0,11
Sonstige Handlungsschwerpunkte		
Mineralische Böden Offenland	0,05	0,06
Siedlungen	0,04	0,04
Summe Reduktionen	6,33	6,22

Die Senkenleistung der Wälder Brandenburgs lässt sich im Effizienzscenario um 1,3 Mt CO₂e so-wie im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ um 0,86 Mt CO₂e gegenüber der Referenz steigern. Damit wird im Effizienzscenario der drohende Verlust durch eine Optimierung des Kohlenstoff-pools im Wald fast kompensiert, im Brennstoffszenario gelingt dies nicht, hauptsächlich aufgrund der höheren Holzentnahme und dem etwas radikaleren Waldumbau. Gleichwohl entspricht das Leitbild „Holzproduktion“ dem grundsätzlichen Erfordernis dieses Klimaplan-szenarios. Das Bei-spiel verdeutlicht weiterhin, dass auch die Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe zur stoffli-chen und energetischen Substitution auf der Fläche Brandenburgs begrenzt sind. Trotz einer flä-chenmäßig erheblichen Erstaufforstung wird der Kohlenstoffpool in diesem Szenario bis 2045 ge-ringer.

Waldentwicklung und Wiedervernässung sind damit ebenfalls die Schlüssel zur Klimaneutralität der Sektoren Landwirtschaft und LULUCF, sie machen zusammengenommen weit über 90 % der Optimierung der Senkenleistung in Brandenburg aus.

Transformationsprozesse Landschaftsnutzung

Die Aktivitäten der vorgestellten Handlungsschwerpunkte bedeuten eine deutliche Transformation der Landschaft in Brandenburg. Nachfolgende Tabelle fasst die Auswirkungen auf Flächen und Flächennutzung im Land Brandenburg durch die Aktivitäten der einzelnen Handlungsschwer-punkte des Sektors LULUCF zusammen.

Tabelle 57: Flächenentwicklung bis 2045 in beiden Klimaplanszenarien

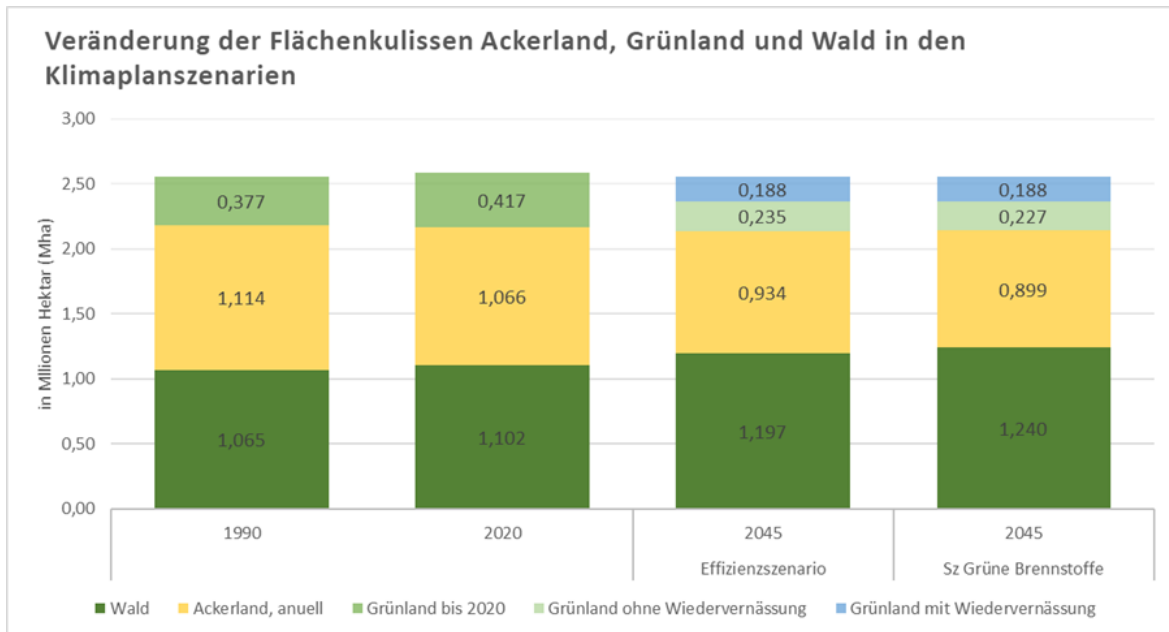
Quelle: Eigene Berechnungen.

	flächenrelevante Aktivität	Fläche in Hektar in 2045	
		Szenario I	Szenario II
Stabilisierung der Senken Leistung des Waldes			
Waldumbau bis 2045	Umbaufläche gesamt	184.000	115.000
Erstaufforstung	Ackerland zu Wald	57.500	92.000
Waldmoore	Wiedervernässung Waldmoore	24.714	
Reduktion der Offenland-Emissionen, min. Böden			
Zunahme Landschaftselemente	Acker/Grünland zu Gehölzen	31.005	
Reduktion der Offenland-Emissionen, org. Böden (Niedermoore)			
Reduktion der Emissionen auf Ackerland	Nutzungsänderung Acker zu Dauergrünland	43.510	
Wiedervernässung			
Reduktion der Emissionen auf Grünland	Wiedervernässung Grünland und ehemaliges Ackerland	187.903	
Nachnutzung			
Landwirtschaftliche Nutzung	Nassgrünland, Paludikultur	150.303	141.903
Forstliche Nutzung	Bestockung Erle auf wiedervernässten Flächen	37.600	46.000

Damit verändern sich die Flächengrößen. Insbesondere vergrößert sich der Waldanteil des Landes von 1,10 Millionen Hektar (Mha) im Jahr 2020 auf 1,20 Mha im Effizienzzenario sowie 1,24 Mha im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ im Jahr 2045. Die Ackerfläche schrumpft von 1,06 Mha 2020 auf 0,93 Mha im Effizienzzenario bzw. 0,89 Mha im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“. Die Grünlandkulissen bleiben in Summe in beiden Szenarien nahezu unverändert, es werden etwa 40 % der Flächenkulisse wiedervernässt.

Abbildung 55: Flächenkulissen landwirtschaftlich genutztes Offenland und Wald in beiden Szenarien

Quelle: Eigene Berechnungen.



Anzumerken ist, dass die angegebenen Flächenveränderungen weitere Flächeninanspruchnahmen noch nicht berücksichtigt. Die Auswirkungen der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung sowie selbstverständlich die Inanspruchnahme von Offenland durch Freiflächenphotovoltaik müssen im Rahmen einer gesonderten gutachterlichen Betrachtung hier noch als Faktoren hinzuge-rechnet werden.

Weiterhin ist anzumerken, dass die Flächenveränderungen der jeweiligen Szenarien im Sektor LULUCF selbstverständlich Auswirkungen auf den Sektor Landwirtschaft haben. So wurde in den jeweiligen Szenarien z. B. die leicht rückläufige Ackerfläche bereits eingerechnet. Deutlich komplexer ist der Zusammenhang der projizierten Tierzahlen des Sektors Landwirtschaft mit den hier genannten Flächenveränderungen zu sehen, weil diese stets in Abhängigkeit zur Art der tierischen Produkte, Haltungsformen, Eigenfutterquoten und weiteren Faktoren zu bewerten sind.

Szenarienergebnisse und Zusammenrechnung mit dem Sektor Landwirtschaft

Nachfolgende Darstellung fasst die Ergebnisse beider Szenarien mit der Zusammenrechnung der Ergebnisse des Sektors Landwirtschaft zusammen.

Im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ wird mit einer gemeinsamen Restemission von 0,6 Mt CO_{2e} im Jahr 2045 die Zielerreichung verfehlt.

Tabelle 58: Szenarienergebnisse der Sektoren Landwirtschaft und LULUCF in der Zusammenschau

Quelle: Eigene Berechnungen.

Szenarien Landwirtschaft und LULUCF nach Thünen-Submission 2022		Emissionen Bestand			Referenzszenario	Emissionsziele (Restemissionen)			Emissionsziele (Einsparung in %)		
		1990	2019	2020		2045	2030	2040	2045	2030	2040
		Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	Mt CO ₂ e	% ggü. 1990	% ggü. 1990
Sektor Landwirtschaft	Effizienz-szenario	4,9	3,0	3,0	2,9	2,3	1,8	1,5	53,1	63,3	69,4
	Mehr grüne Brennstoffe					2,5	2,1	2,0	49,0	57,2	59,2
Sektor LULUCF	Effizienz-szenario	4,7	1,2	1,8	4,8	0,8	-1,0	-1,5	82,0	120,9	133,0
	Mehr grüne Brennstoffe					0,8	-1,0	-1,4	82,1	120,4	130,6
Gesamt-schau LaWi/ LULUCF	Effizienz-szenario	9,6	4,2	4,8	7,7	3,1	0,8	0,0	67,2	91,5	100,5
	Mehr grüne Brennstoffe					3,3	1,1	0,6	65,2	88,1	94,2

3.9 Gesamtüberblick Szenarienergebnisse und Empfehlung für Zielwerte

3.9.1 Gesamtergebnisse im Überblick

In den nachfolgenden Abbildungen und Tabellen werden die zuvor dargestellten sektoralen Ergebnisse für beide Szenarien (Szenario I: „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“, Szenario II: „Mehr grüne Brennstoffe“) gebündelt in der Gesamtbilanz für das Land Brandenburg dargestellt und nach verschiedenen Indikatoren und Blickwinkeln differenziert aufbereitet. Die Ergebnisse der Szenarien werden dabei zum Teil zu den bisherigen THG-Bilanzwerten des Landesamtes für Umwelt Brandenburg (LfU 2021), aber auch zu Energie- und CO₂-Bilanzwerten des Amtes für Statistik (AfS) in Bezug gesetzt. Zu Teilen dieser AfS-Daten gibt es methodenbedingte Abweichungen, da diese bisher nicht nach KSG-Logik bilanziert werden, und zu den bisher veröffentlichten historischen THG-Daten des LfU gibt es Abweichungen, da die vorliegende Studie bereits die aktuelle Thünen-Submission des Jahres 2022 berücksichtigt (siehe ausführlich in den Abschnitten 3.7 und 3.8).¹³¹ Durch die methodischen Abweichungen unterliegen auch die nachfolgend angegebenen sektoralen Reduktionswerte gegenüber 1990 leichten Ungenauigkeiten.

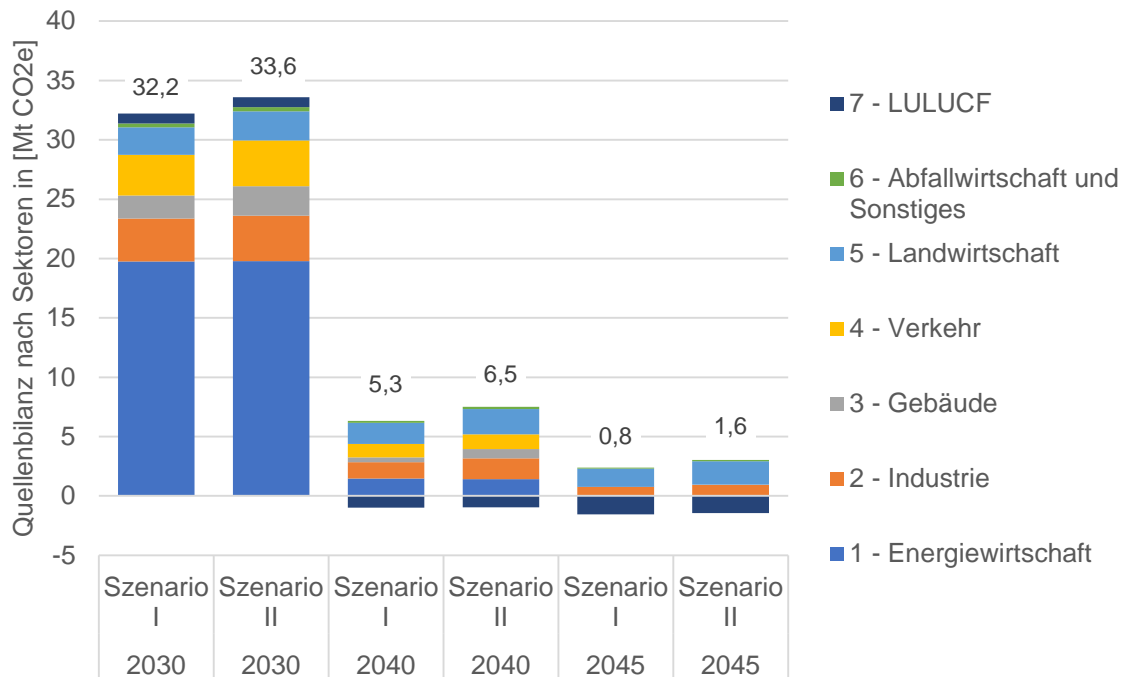
Als erstes und maßgebliches übergreifendes Gesamtergebnis wird in Abbildung 56 zunächst der Szenarienvergleich der THG-Emissionen dargestellt, differenziert nach den Anteilen der Sektoren. Dabei werden die Szenarienergebnisse für die Jahre 2030, 2040 und 2045 verglichen mit der bisherigen Entwicklung über die Jahre 1990, 2010 und 2020. Die Abbildung dokumentiert zunächst eindrücklich, dass die Reduktionsanforderung bis 2030 - also binnen etwa 7 verbleibenden Jahren von heute an – sich gegenüber derjenigen der letzten Dekade (von 2010 bis 2020) in etwa verdoppelt muss: von rund 10 auf etwa 20 Mt CO₂e. In der Dekade bis 2040 ist diese absolute Reduktion noch weiter zu steigern auf rund 27 Mt CO₂e. Auch in 2030 wird der Energiesektor noch mit einem Anteil von rund 60 % an den THG-Emissionen mit Abstand dominieren; Grund hierfür ist die getroffene Annahme, dass auch am Ende des Bilanzjahres 2030 die Kohlekraftwerke noch am Netz sein werden. Mit dem endgültigen Abschalten der Kohlekraftwerke in den 2030er Jahren entfällt dieser dominierende Anteil, und die Gesamtemissionen sinken drastisch. Dies zeigt klar, dass ein möglichst frühzeitiger Kohleausstieg für das Land Brandenburg die bedeutendste Klimaschutzmaßnahme bleibt, so dass hierfür die entsprechenden Voraussetzungen (Ausbau erneuerbarer Energien, Systemsicherheit, Strukturwandel) zu schaffen sind. Gleichzeitig nimmt mit dem Kohleausstieg automatisch die relative Bedeutung der anderen Sektoren entsprechend zu.

Die Bedeutung der anderen Sektoren verdeutlicht die vergrößerte Darstellung der Abbildung 57, aus der hervorgeht, dass auch die Sektoren Industrie und Gebäude signifikante und kontinuierliche Rückgänge ab 2030 zu verzeichnen haben. Im Sektor Verkehr finden diese demgegenüber erst nach 2030 in größerem Ausmaß statt. Im Unterschied dazu verbleiben die Emissionen der Landwirtschaft auf einem vergleichbaren Niveau. Mit Blick auf den Szenarienvergleich zeigt sich zunächst, dass beide Szenarien in Summe einen ähnlichen Reduktionsverlauf aufweisen, allerdings liegt das Szenario II konstant rund eine Mt CO₂e über dem Niveau des Szenario I. Der Grund hierfür liegt im Jahr 2030 maßgeblich in höheren Emissionen der Sektoren Gebäude (rd.

¹³¹ Zu allgemeinen methodischen Aspekten siehe zudem ausführlicher im Zwischenbericht dieses Gutachtens (Hirschl et al. 2022).

Abbildung 57: Szenarienvergleich – THG-Emissionen nach Sektoren 2030, 2040 und 2045 unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission 2022

Quelle: Eigene Darstellung.



Die Tabelle 59 zeigt die Werte der Szenarien im Detail und im Vergleich zu 1990, 2010 und 2020. Zudem wird die relative Veränderung gegenüber dem traditionellen klimapolitischen Referenzwert 1990 angegeben. Damit kann auch ein Vergleich zu den bundesweiten sektorspezifischen oder übergreifenden Reduktionszielen gezogen werden. Allerdings ist hierbei zu betonen, dass ein solcher Bezug aufgrund der regionalen Spezifika in Brandenburg, die beispielsweise aufgrund der Wirtschafts- oder Energieträgerstruktur bedeutend abweichen können, nur eine eingeschränkte Aussagekraft besitzt.

Die in der Tabelle 59 gezeigten Werte für die Bereiche Landwirtschaft und LULUCF sowie in der Folge auch die Summenwerte für Brandenburg basieren auf der hier durchgeführten, zusätzlich vom MLUK beauftragten Neuberechnung aufgrund der aktuellen Thünen-Emissionswerte des Jahres 2022 (siehe Erläuterungen hierzu in den Abschnitten 2.1 und 3.7). Demzufolge weichen die Ergebnisse leicht von den Werten des Kabinettsbeschlusses für die Zwischen- und Sektorzielwerte ab (siehe Landesregierung Brandenburg (2022c) sowie Abschnitt 6.3).

Beide Szenarien übertreffen in Summe in 2030 mit rund 75 % deutlich den bundesweiten Reduktionszielwert gemäß KSG in Höhe von -65 % gegenüber 1990. Dies ist maßgeblich auf den hohen THG-Ausgangswert des Jahres 1990 in Brandenburg durch die intensive Braunkohlenutzung zurückzuführen. Dieser Effekt zeigt sich auch noch, wenngleich deutlich abgeschwächt, beim Vergleich mit dem internationalen klimapolitischen Zielwert von -45 % bis 2030 gegenüber dem Bezugsjahr 2010, der auf der COP 26 im November 2021 in Glasgow festgelegt wurde.¹³² Dieser Zielwert wird von beiden Szenarien übertroffen, im Fall des Szenario II jedoch nur noch leicht.

¹³² Dieser Wert wurde als Alternative zum teilweise wenig aussagekräftigen 1990er Bezugswert in der Abschlusserklärung der COP 26 (Glasgow Climate Pact) eingeführt (United Nations 2022 decision 1, CMA.3, IV, 22).

Tabelle 59: Szenarienvergleich - THG-Emissionen nach Sektoren 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (1990, 2010, 2020) unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission 2022

Quelle: Eigene Darstellung, historische Daten nach LfU (2021), Thünen (2022a; 2022b).

[Mt CO ₂ e]	1990 ¹³³	2010 ¹³³	2020 ¹³³	2030	2040	2045
Sektor Energiewirtschaft						
Szenario I	64,5	42,9	31,5	19,7	1,5	0,0
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-34 %	-51 %	-69 %	-98 %	-100 %
Szenario II	64,5	42,9	31,5	19,8	1,4	0,0
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-34 %	-51 %	-69 %	-98 %	-100 %
Sektor Gebäude						
Szenario I	11,2	3,7	3,9	1,9	0,4	0,0
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-67 %	-65 %	-83 %	-97 %	-100 %
Szenario II	11,2	3,7	3,9	2,5	0,8	0,0
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-67 %	-65 %	-78 %	-93 %	-100 %
Sektor Verkehr						
Szenario I	3,3	5,5	5,2	3,4	1,1	0,0
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	0 %	65 %	58 %	4 %	-66 %	-100 %
Szenario II	3,3	5,5	5,2	3,8	1,2	0,0
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	0 %	65 %	58 %	17 %	-63 %	-100 %
Sektor Industrie						
Szenario I	14,6	6,9	7,8	3,6	1,4	0,8
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-53 %	-47 %	-75 %	-91 %	-95 %
Szenario II	14,6	6,9	7,8	3,8	1,8	0,9
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-53 %	-47 %	-74 %	-88 %	-94 %
Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges						
Szenario I	22,2	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-96 %	-97 %	-99 %	-99 %	-100 %
Szenario II	22,2	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-96 %	-97 %	-98 %	-99 %	-100 %
Sektor Landwirtschaft¹²²						
Szenario I	4,9	3,2	3,0	2,3	1,8	1,5
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-34 %	-39 %	-53 %	-64 %	-69 %
Szenario II	4,9	3,2	3,0	2,5	2,1	2,0
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-34 %	-39 %	-50 %	-57 %	-60 %
Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LLUCF)¹³⁵						
Szenario I	4,7	1,1	1,8	0,8	-1,0	-1,5
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-76 %	-61 %	-82 %	-121 %	-133 %
Szenario II	4,7	1,1	1,8	0,8	-1,0	-1,4
Veränderung ggü. 1990 ¹³⁴	-	-76 %	-61 %	-82 %	-120 %	-131 %

¹³³ Die Werte für 1990, 2010 und 2020 basieren auf den Quellbilanzdaten von LfU (2021), die von der aktuell geltenden KSG-Bilanzierungsmethodik abweichen. Die Jahre 2030, 2040 und 2045 wurden im Rahmen des Gutachtens nach KSG-Methodik ermittelt und sind damit in den absoluten Ergebnissen anschlussfähig an die KSG-Daten des Bundes. Methodische Abweichungen liegen in den sektoral (zum Teil anteilig) unterschiedlichen Zuordnungen u. a. von Industriekraftwerken, Abfallkraftwerken, Gichtgasen, Bauverkehren etc. (vgl. ausführlicher im Zwischenbericht zum Gutachten, Hirschl et al. 2022). Eine Anpassung der historischen Daten an die KSG-Bilanzierungsmethode ist für die Zukunft empfehlenswert.

¹³⁴ Durch die o. g. methodischen Abweichungen unterliegen auch die hier angegebenen sektoralen Reduktionswerte ggü. 1990 mitunter leichten Ungenauigkeiten, die jedoch aufgrund der überwiegend hohen absoluten Ausgangswerte des Jahres 1990 im Regelfall als vernachlässigbar anzusehen sind.

¹³⁵ Zu den Veränderungen durch die neuen Submissionswerte des Thünen-Institutes (2022a; 2022b) siehe Abschnitt 3.7 und 3.8; die Anpassungen erfolgen sowohl für die zurückliegenden wie auch für die Szenarienwerte.

[Mt CO ₂ e]	1990 ¹³³	2010 ¹³³	2020 ¹³³	2030	2040	2045
Brandenburg						
Szenario I	125,4	64,2	53,8	32,2	5,3	0,8¹³⁶
Veränderung ggü. 1990	-	-49 %	-57 %	-74 %	-96 %	-99 %
Veränderung ggü. 2010	-	-	-16 %	-50 %	-92 %	-99 %
Szenario II	125,4	64,2	53,8	33,6	6,5	1,6
Veränderung ggü. 1990	-	-49 %	-57 %	-73 %	-95 %	-99 %
Veränderung ggü. 2010	-	-	-16 %	-48 %	-90 %	-98 %
Zielwert KSG ggü. 1990	-	-	-	-65 %	-88 %	-
Zielwert COP 26 ggü. 2010	-	-	-	-45 %	-	-

Die ursprünglichen Szenariowerte für Landwirtschaft und LULUCF auf Basis der Thünen-Emissionsdaten des Jahres 2021 sind zur Information in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt, zusammen mit den ebenfalls veränderten Gesamtwerten. Im Gesamtergebnis zeigen sich jedoch keine signifikanten Änderungen. Die Tabelle 62 zeigt im übernächsten Abschnitt 3.9.3 die von den Gutachtern vorgeschlagenen und von der Landesregierung beschlossenen Sektor- und Zwischenzielwerte auf der Basis der Ergebnisse des Szenario I in der Übersicht.¹³⁷

Tabelle 60: Szenarienwerte für die Sektoren Landwirtschaft und LULUCF sowie Gesamtergebnisse mit Thünen-Daten des Jahres 2021 - THG-Emissionswerte 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (1990, 2010, 2020)

Quelle: Eigene Darstellung, historische Daten nach LfU (2021).

[Mt CO ₂ e]	1990 ¹²⁰	2010 ¹²⁰	2020 ¹²⁰	2030	2040	2045
Sektor Landwirtschaft¹²²						
Szenario I	5,4	3,6	3,4	3,0	2,6	2,4
Veränderung ggü. 1990 ¹²¹	-	-33 %	-36 %	-44 %	-52 %	-55 %
Szenario II	5,4	3,6	3,4	3,1	2,8	2,7
Veränderung ggü. 1990 ¹²¹	-	-33 %	-36 %	-42 %	-47 %	-50 %
Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LLUCF)¹²²						
Szenario I	4,5	1,4	0,7	-0,6	-1,8	-2,4
Veränderung ggü. 1990 ¹²¹	-	-68 %	-84 %	-113 %	-141 %	-155 %
Szenario II	4,4	1,4	0,7	-0,7	-2,1	-2,7
Veränderung ggü. 1990 ¹²¹	-	-68 %	-84 %	-115 %	-146 %	-162 %
Brandenburg						
Szenario I	125,7	64,8	53,1	31,3	5,4	0,9
Veränderung ggü. 1990	-	-48 %	-58 %	-75 %	-96 %	-99 %
Veränderung ggü. 2010	-	-	-18 %	-51 %	-92 %	-99 %
Szenario II	125,6	64,8	53,1	32,3	5,7	1,0
Veränderung ggü. 1990	-	-48 %	-58 %	-74 %	-95 %	-99 %
Veränderung ggü. 2010	-	-	-18 %	-50 %	-91 %	-98 %

¹³⁶ Rundungsbedingte Ungenauigkeit in dieser Darstellung mit einer Kommastelle.

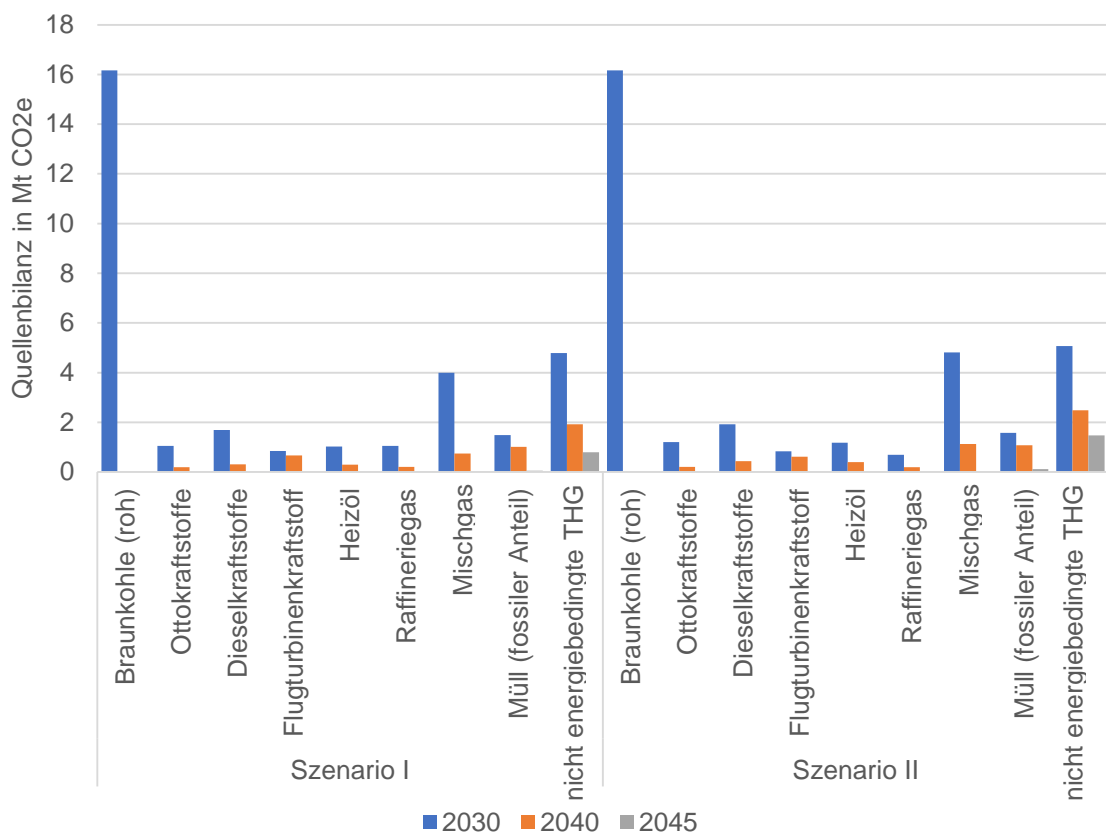
¹³⁷ Die Tabelle mit den Zielwerten aus dem Beschlussdokument findet sich auch im Anhang im Abschnitt 6.3.

Die nachfolgenden Ausführungen zu einzelnen Entwicklungen und Indikatoren beziehen sich auf die aktuellen Szenarien- und Bilanzdaten des Gutachtens unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission des Jahres 2022 gemäß Tabelle 59.

Den überproportional großen Anteil der Braunkohleverstromung im Szenarioergebnis des Jahres 2030 zeigt auch die Abbildung 58, in der die maßgeblichen THG-Quellen im Vergleich beider Szenarien für die Jahre 2030, 2040 und 2045 dargestellt sind.

Abbildung 58: Szenarienvergleich – THG-Emissionen differenziert nach maßgeblichen THG-Quellen für 2030, 2040 und 2045

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung.



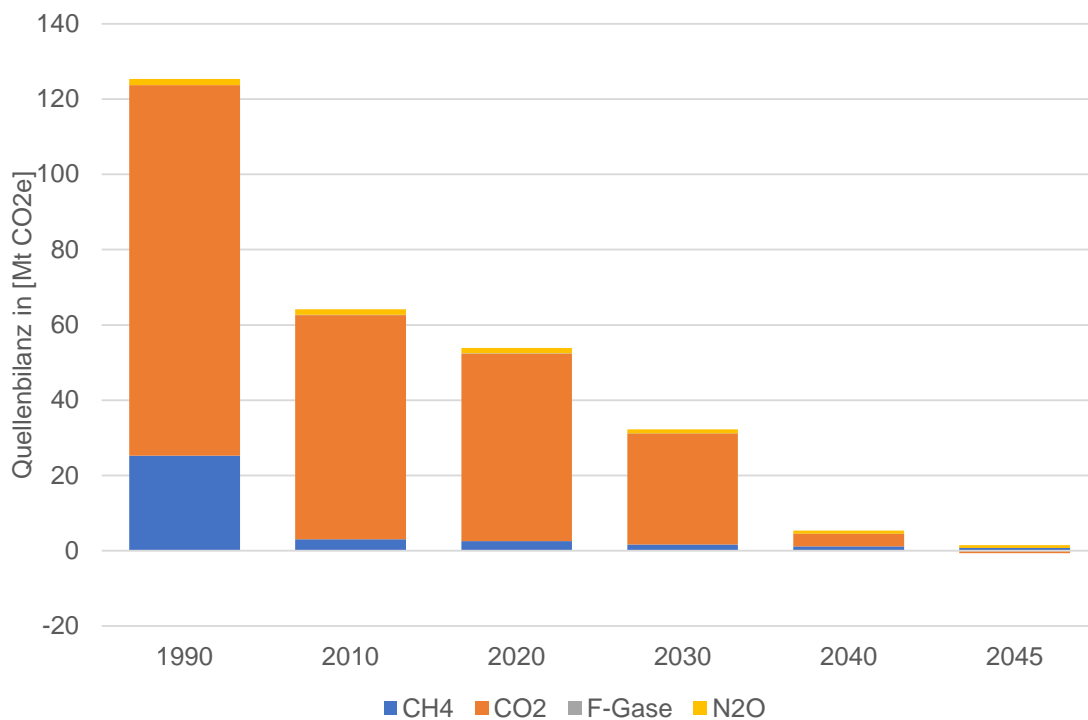
Der Anteil der Braunkohle liegt in 2030 nahezu vierfach über dem Anteil der zweit- und drittbedeutendsten THG-Quellen - den nicht energiebedingten THG sowie dem Mischgas, das dann noch zu etwa 90 % Erdgas sein wird. Während der Braunkohlestrom aufgrund dieser Dominanz in beiden Szenarien gleich modelliert wurde, unterscheiden sich die anderen beiden Anteile: im Szenario II liegen sie maßgeblich aufgrund der geringeren Effizienz und höherer fossiler Energieträgeranteile über den Emissionen des Szenario I. Gleiches gilt auch für die fossilen Kraftstoffe. Nahezu alle Emissionsquellen können bis 2045 auf 0 reduziert werden, lediglich bei den nicht-energiebedingten landwirtschaftlichen Emissionen (Methan und Lachgas vorwiegend aus der Tierhaltung), den Prozessemissionen der Industrie und der Abfallverbrennung verbleiben zum Teil längerfristige Restemissionen, die durch zusätzliche, ergänzende Strategien, weitere Senkenleistungen oder Kompensationen ausgeglichen werden müssen.

Die Abbildung 59 zeigt die unterschiedliche Bedeutung der verschiedenen Treibhausgase in der Entwicklung sowie untereinander. Auch hier zeigt sich der große Einfluss der Braunkohleverbren-

nung, wodurch CO₂ das mit Abstand bedeutendste Treibhausgas ist. Mit dem Kohleausstieg sinken nicht nur die Emissionen sprunghaft bis 2040, sondern es verschiebt sich auch die Bedeutung der Treibhausgase zueinander. Mit dem Zurückdrängen der CO₂-Emissionen durch das drastische Verringern der Verbrennung fossiler Rohstoffe die langfristig schwerer vermeidbaren Restemissionen Lachgas und Methan verstärkt in den Fokus rücken. Um diese Emissionen auszugleichen, muss der CO₂-Senkenaufbau bereits frühzeitig eingeleitet werden, um langfristig die erforderliche Kompensationswirkung entfalten zu können.

Abbildung 59: THG-Emissionen differenziert nach maßgeblichen THG-Kategorien von 1990 bis 2045 für Szenario I

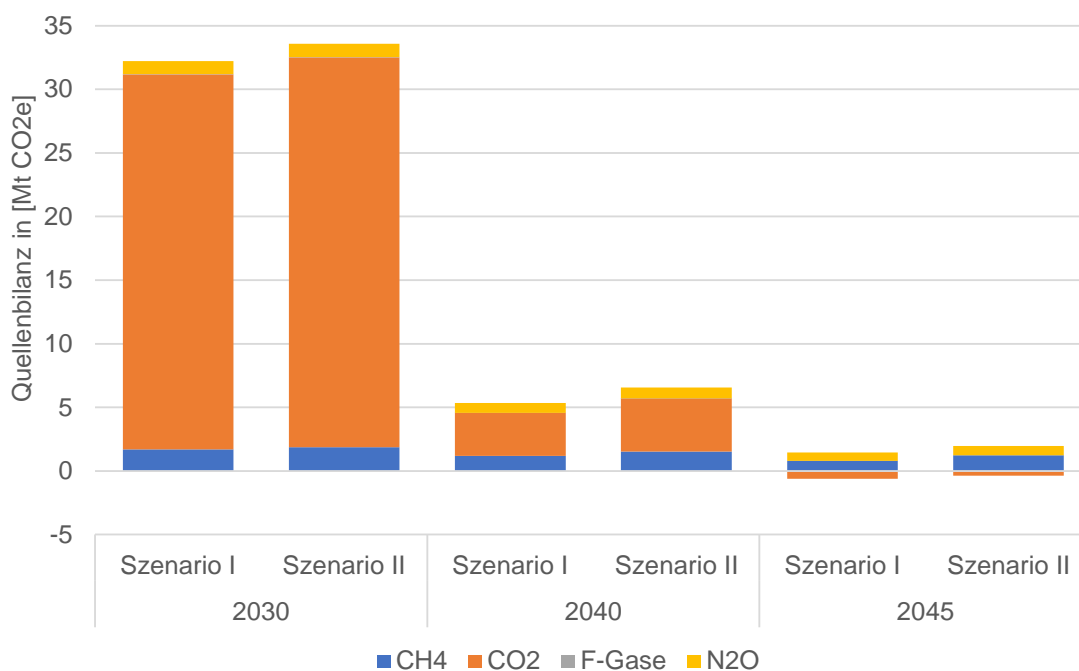
Quelle: Eigene Darstellung, historische Daten nach LfU (2021).¹³⁸



¹³⁸ Für den Sektor LULUCF ist aktuell keine Aufteilung in unterschiedliche THG-Kategorien für die gesamte Zeitreihe möglich. Die Daten liegen nur als aggregierte CO₂-Äquivalente (CO₂e) vor und werden hier unter CO₂ ausgewiesen. Im Jahr 2045 würden daher bei separater Darstellung sowohl CH₄ und N₂O über der Nulllinie sowie die negativen CO₂-Emissionen größer ausfallen.

Abbildung 60: THG-Emissionen differenziert nach maßgeblichen THG-Kategorien, Szenario I und II im Vergleich, 2030, 2040 und 2045

Quelle: Eigene Darstellung, historische Daten nach LfU (2021).¹³⁹



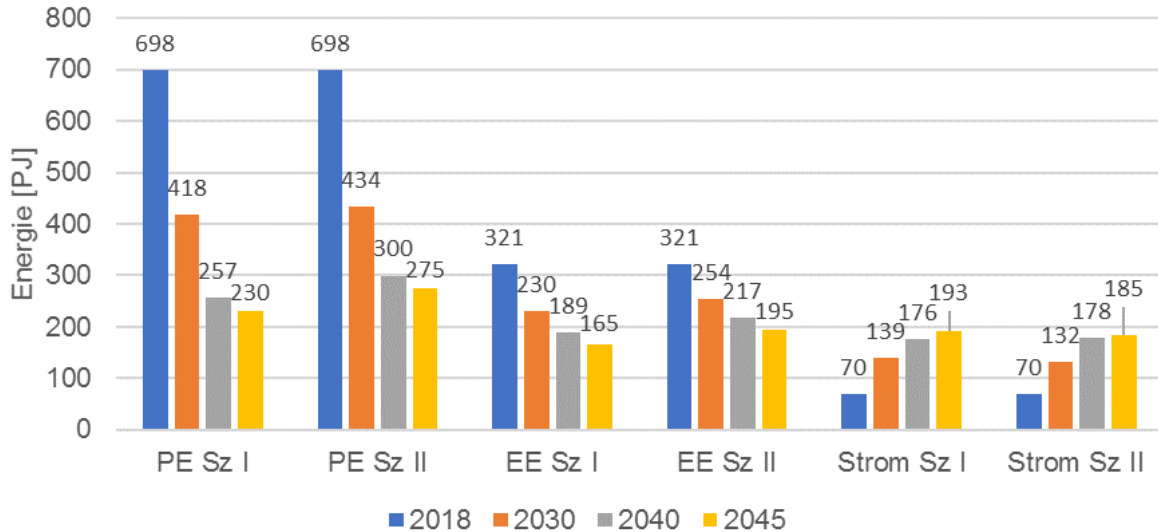
In der nachfolgenden Abbildung werden jeweils die Primärenergie-, Endenergie- und Stromverbräuche der Szenarienjahre 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zu den Verbräuchen des Jahres 2018 dargestellt.¹⁴⁰ Dabei sind die Daten in der Abbildung 61 nach den Verbrauchskategorien Primärenergie, Endenergie und Strom gruppiert. Die Abbildung zeigt, dass die Primär- und Endenergieverbräuche im Szenario II jeweils höher liegen, während der Stromverbrauch insbesondere langfristig etwas niedriger ausfällt. Die höheren Endenergieverbräuche liegen u. a. an der höheren Wasserstoffproduktion, während langfristig weniger direktelektrische Anwendungen für den geringeren Stromverbrauch sorgen.

¹³⁹ Für den Sektor LULUCF ist aktuell keine Aufteilung in unterschiedliche THG-Kategorien für die gesamte Zeitreihe möglich. Die Daten liegen nur als aggregierte CO₂-Äquivalente (CO₂e) vor und werden hier unter CO₂ ausgewiesen. Im Jahr 2045 würden daher bei separater Darstellung sowohl CH₄ und N₂O über der Nulllinie sowie die negativen CO₂-Emissionen größer ausfallen.

¹⁴⁰ Die Darstellung erfolgt mit der in der amtlichen Statistik der Energiebilanz üblichen Einheit Petajoule (PJ). Diese kann in die Einheit TWh überführt werden, wenn die Werte durch den Faktor 3,6 geteilt werden. So entspricht der Primärenergieverbrauch des Jahres 2018 von rund 700 PJ etwa 194 TWh, der Stromverbrauch des Szenario I im Jahr 2045 entspricht demgegenüber rund 55 TWh.

Abbildung 61: Szenarienvergleich – Primärenergie, Endenergie und Stromverbrauch 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)

Quelle: Eigene Darstellung, 2018 abgeleitet aus AfS BBB (2021a).



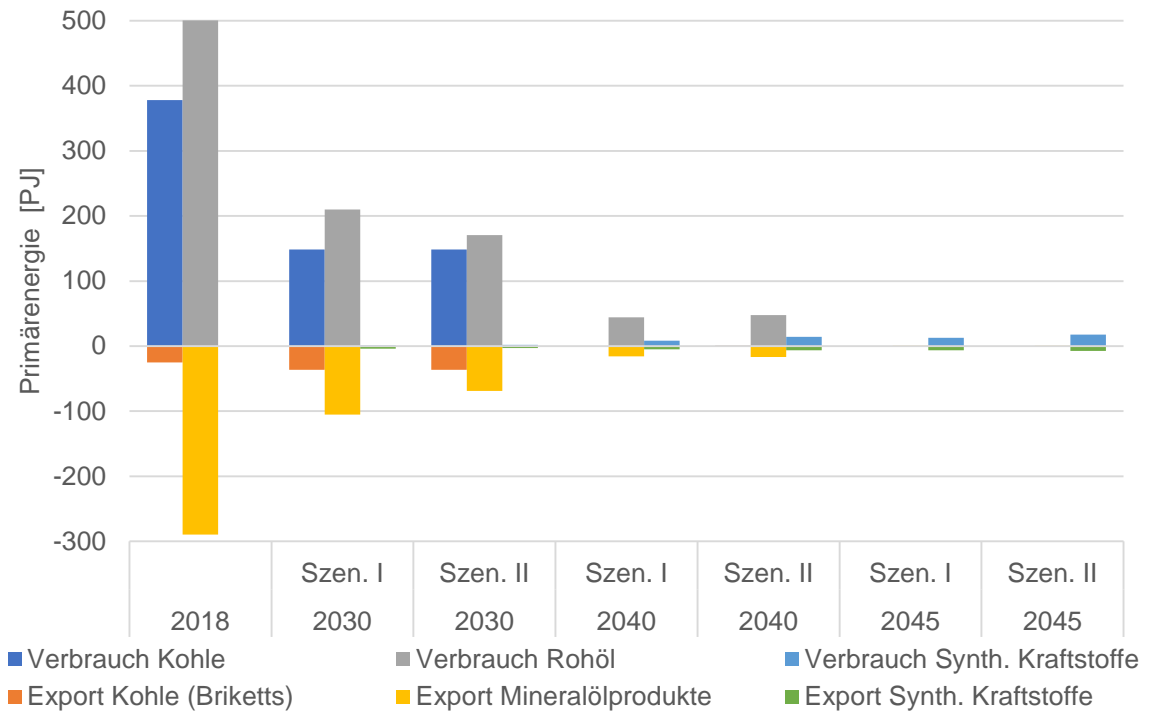
PE: Primärenergie, EE: Endenergie, Strom (inkl. Umwandlungsbereich, u. a. für Elektrolyse)¹⁴¹

Die beiden heute in Brandenburg mit Abstand bedeutendsten Energieträger - Kohle und Öl - werden auf der Basis einer primärenergetischen Betrachtung in der Abbildung 62 fokussiert. Hier werden die Verbräuche sowie die Exportmengen des Jahres 2018 im Vergleich zu den Szenarienergebnissen dargestellt. Dabei wird auch der Energieträgerwandel hin zu synthetischen Kraftstoffen betrachtet. Die Darstellung zeigt zunächst, dass der Rohölumsatz sowie die ölbasierten Exportmengen heute und auch noch im Jahr 2030 deutlich über denen der Kohlewerte liegen. Bei den exportierten Mineralölprodukten handelt es sich maßgeblich um die Kraftstoffe Benzin, Diesel und Kerosin, Heizöl, Flüssiggas etc. Während der Verbrauch von Kohle mit dem Abschalten des letzten Kohlekraftwerks in den 2030er Jahren sukzessive enden wird, wird es auch in 2040 noch Mineralölverbrauch geben. Die dann in größerem Maßstab, aber im Vergleich auf deutlich geringerem Niveau einsetzende Produktion von synthetischen Kraftstoffen zeigt sich in den Jahren 2040 und 2045. Der hier gezeigte Verbrauch geht maßgeblich auf den Verkehrsbereich zurück und dokumentiert damit die Dominanz der Elektromobilität und den Rückgang des automobilen Verkehrs in diesem Sektor. Gemäß den getroffenen Annahmen fällt der Anteil der synthetischen Kraftstoffe im Szenario II höher aus.

¹⁴¹ Der Stromverbrauch beinhaltet die Endenergie und den Umwandlungsbereich, d. h. den Strombedarf der Kraftwerke, Raffinerien, Tagebaue, Elektrolyse und den Umwandlungseinsatz. Deshalb ist der Stromverbrauch 2045, insbesondere aufgrund der Elektrolyse, höher als der gesamte Endenergieverbrauch.

Abbildung 62: Szenarienvergleich – Primärenergieträger Kohle und Öl 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)

Quelle: Eigene Darstellung, 2018 abgeleitet aus AfS BBB (2021a).

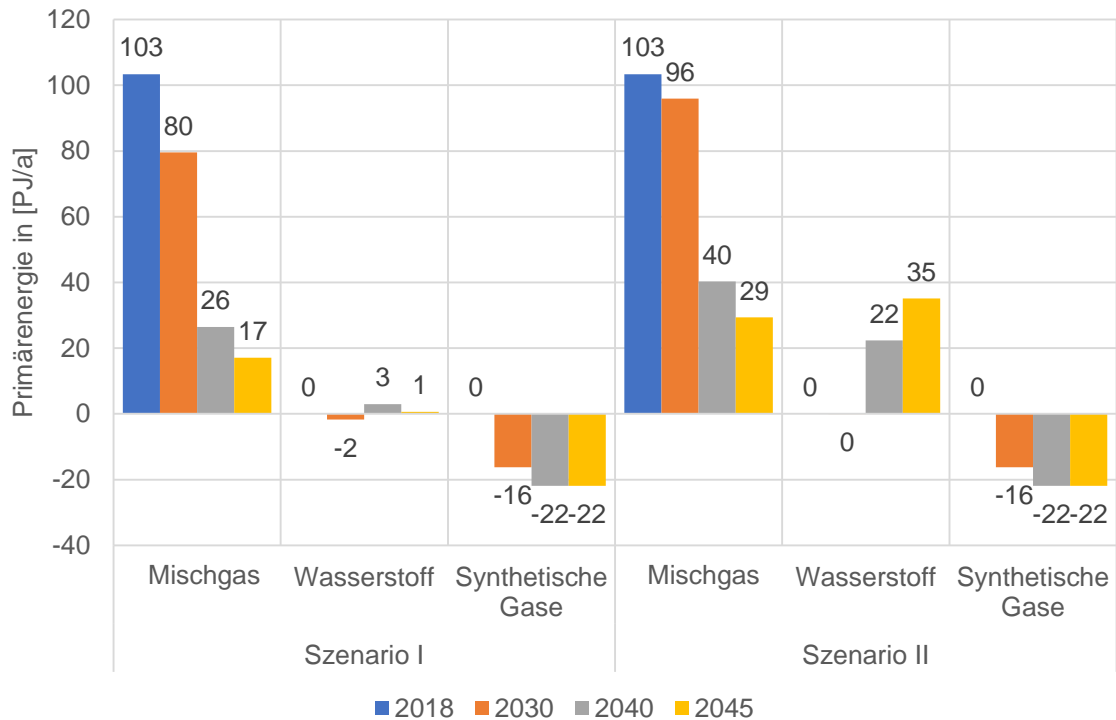


Die Abbildung 63 beleuchtet die ebenfalls wichtigen heutigen und zukünftigen gasförmigen Energieträger. Hier dominiert heute noch das Erdgas, das in der Abbildung als Mischgas bezeichnet ist, da es zukünftig emissionsfrei werden muss und sich dadurch in seiner Zusammensetzung deutlich verändern wird. Im Jahr 2045 wird sich die Menge des Mischgases zum einen stark verringern: auf rund 1/6 im Szenario I, auf etwa 1/3 im Szenario II. Damit verbleibt im Szenario II noch fast die doppelte Menge. In beiden Szenarien wird dieses Mischgas langfristig jedoch aus Wasserstoff und grünen Gasen aus erneuerbaren Energien bestehen müssen; hier wurden jeweils gleiche Anteile von je 50 % angenommen. Der hier angezeigte Wasserstoff stellt den Saldo der Primärenergiebilanz von Wasserstofferzeugung und Wasserstoffverbrauch dar (ohne die im Mischgas enthaltenen Mengen). Die Bedeutung dieses Energieträgers für das Szenario II („Mehr grüne Brennstoffe“) zeigt sich hier deutlich. Auch bei der Darstellung der synthetischen Gase handelt es sich um einen Saldowert; das Ergebnis dokumentiert einen Exportüberschuss, der in beiden Szenarien gleich hoch angesetzt wurde und mit den Synthesegasanteilen im Mischgasverbrauch verrechnet werden muss.¹⁴² Bei Annahme zusätzlicher H₂-Importe und Erschließung weiterer Kohlenstoff-Quellen kann dieser Exportanteil perspektivisch weiter gesteigert werden. Weitere Details und Aufschlüsselungen zu den grünen Brennstoffen sind im Abschnitt 3.2.4 zu finden.

¹⁴² Vgl. auch Abbildung 25 mit zugehörigen Erläuterungen.

Abbildung 63: Szenarienvergleich – Primärenergieträger Mischgas und grüne Gase 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit 2018

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, 2018 abgeleitet aus AfS BBB (2021a).



Zur Produktion der grünen Brennstoffe, insbesondere jedoch für die direktelektrischen Anwendungen brauchen wir eine deutliche Steigerung der erneuerbaren Energien, allen voran der Wind- und Solarenergie. Demgegenüber wird die Bioenergieproduktion aufgrund der Flächenkonkurrenzen mit anderen Nutzungen in Summe zurückgehen.¹⁴³ Dementsprechend müssen sich in Zukunft die heutigen Anteile bzw. die quantitative Bedeutung der genannten Energieträger verschieben. Diese Zusammenhänge verdeutlicht die Abbildung 64, in welcher die Verläufe dieser erneuerbaren Energieträger im Vergleich zur Entwicklung des Stromexports (Saldo aus Stromerzeugung und -Verbrauch) für beiden Szenarien dargestellt sind. Während sich im Szenario I der Beitrag der Windenergie in etwa verdreifacht, ist im Szenario II fast eine Vervielfachung vorgesehen. Aufgrund der heute und zukünftig deutlich größeren Anlagenleistung geht dieser Ausbau jedoch mit einer deutlich unterproportionalen Steigerung der Anlagenzahl einher. Die bereitzustellende Landesfläche liegt beim Szenario I bei etwa 2,5 %, im Szenario II bei rund 3 %. Damit die Zielwerte in 2030 erreicht werden, sind bereits kurzfristig entsprechende Flächen planerisch bereitzustellen. Bei der PV fallen die Steigerungsraten deutlich höher aus, hier sind allerdings auch die Potenziale auf versiegelten Flächen sowie auf Freiflächen deutlich größer. Im Szenario I ist in etwa eine Verzehnfachung der Solarstromerzeugung erforderlich, im Szenario II der 15-fache Wert im Vergleich zu 2018.

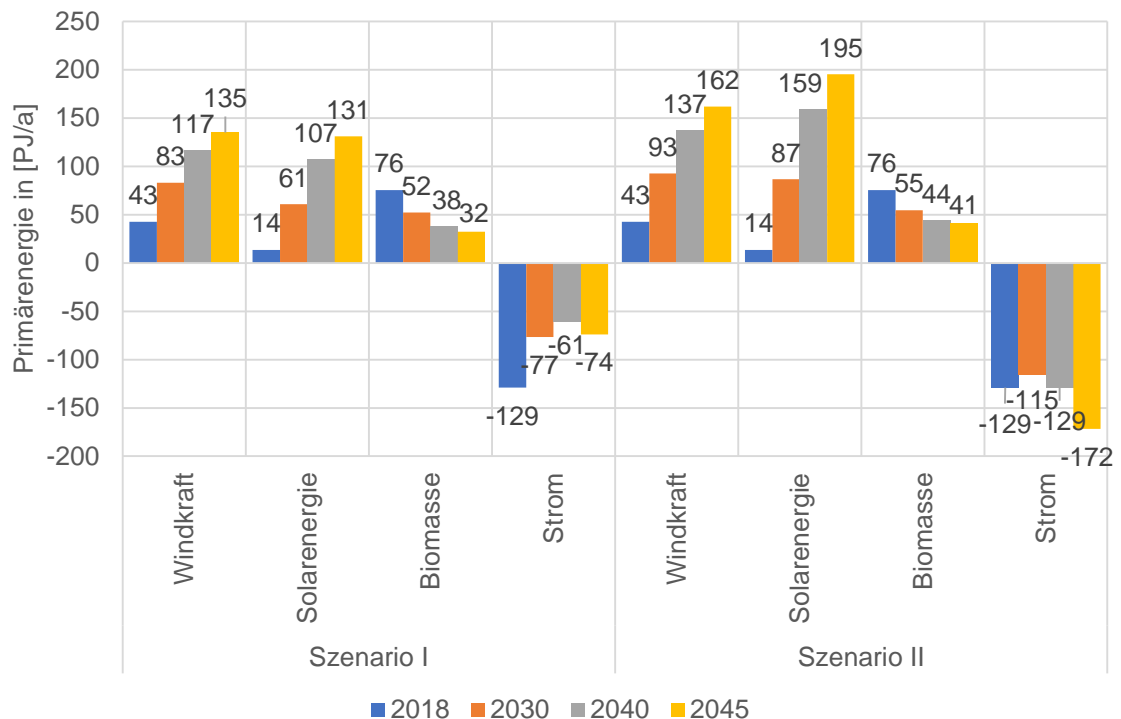
Für beide Technologien gilt jedoch, dass es große Potenziale für flächenschonende Mehrfachnutzungskonzepte gibt, so dass sich der reale Flächenverbrauch deutlich begrenzen lässt (siehe

¹⁴³ Dies betrifft insbesondere die thermische Holznutzung, während die Biogas- bzw. -methan sowie die Faulgasproduktion durch das Ausweichen auf Rest- und Abfallstoffe sich eher konstant bis leicht anwachsend entwickeln kann; siehe Abschnitt 3.2.

hierzu auch Abschnitt 3.2 sowie die diesbezüglichen Maßnahmenempfehlungen). Mit den hier modellierten erneuerbaren Strommengen lässt sich im Szenario I bis 2045 etwas mehr als die Hälfte des Stromexportniveaus von 2018 realisieren, womit sich unter anderem der Berliner Stromimportbedarf in etwa zweifach decken ließe - unter der Voraussetzung, dass Berlin seine Eigenversorgung mit 50 % (überwiegend Solarstrom) sicherstellen kann (Hirschl et al. 2021).¹⁴⁴ Mit dem angenommenen Zubau gemäß Szenario II ließe sich der Stromexport gegenüber dem Wert von 2018 sogar erheblich steigern. Diese Stromexportmengen könnten alternativ jedoch auch für heimische Produktion(en) genutzt werden. Allerdings sollte aus volkswirtschaftlicher bzw. systemischer Effizienz­sicht hierbei auf eine möglichst umfassende Nutzung der entstehenden Abwärme geachtet werden.

Abbildung 64: Szenarienvergleich – Primärenergieträger Wind-, Solarenergie, Biomasse sowie Strom 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)

Quelle: Eigene Darstellung, 2018 abgeleitet aus AfS BBB (2021a).



Die genaue Zusammensetzung der Stromerzeugung und des -Verbrauchs der Szenariojahre im Vergleich zu 2018 zeigen die nachfolgenden Abbildungen, zunächst für Szenario I und danach für Szenario II. In der Abbildung 65 ist zunächst zu sehen, dass die Erzeugung von heute 207 PJ auf zukünftig 277 PJ (ca. 76 TWh) um rund 30 % ansteigt. Im Szenario II (siehe Abbildung 66) steigt die Erzeugung sogar um fast 80 % auf 371 PJ (103 TWh) an. Während diese Erzeugung heute noch zu 60 % durch Kraftwerke ohne Wärmeauskopplung (Braunkohlekraftwerke) und nur

¹⁴⁴ Darüber hinaus ist mit dieser jahresbilanziellen Betrachtung keine Aussage darüber getroffen, wie sich die Situation im Jahresverlauf, insbesondere bei stundengenauer oder zumindest bei saisonaler Betrachtung darstellt. Für die Versorgung Berlins wie generell von Städten ist insbesondere der weitere Ausbau der Windenergie von großer Bedeutung. Für eine genauere Versorgungsanalyse des Metropolenraums Berlin-Brandenburg ist weiterer Forschungsbedarf zu konstatieren.

zu einem Drittel aus erneuerbaren Energien (allen voran Windkraft, gefolgt von PV und Bioenergie) bereitgestellt wird, kann bis 2045 eine fast 100 %ige Erzeugung auf Basis von annähernd gleichen Anteilen an Wind- und Solarenergie erfolgen. Im Szenario II verschiebt sich dieser Anteil leicht zugunsten der stärker ausgebauten Solarenergie.

Auf der Verbrauchsseite zeigen sich die größten Unterschiede maßgeblich beim Stromexport, der - ausgehend von einem Anteil von 62 % in 2018 - im Szenario I auf rund ein Viertel der Stromerzeugung absinkt, während er im Szenario II auf einem hohen Anteil von 47 % verbleibt. In absoluten Zahlen liegt dieser Wert sogar über dem von 2018 (siehe auch oben). Diese höheren Stromexportwerte im Szenario II tragen einerseits dem bundesweit bis 2045 deutlich ansteigenden Stromverbrauchsniveau Rechnung, andererseits dienen sie auch der deutschlandweiten Wasserstoffherzeugung außerhalb Brandenburgs zur Verringerung der Importquote, wobei an ausgewiesenen Leitungsknoten von Stromnetz, Gasnetz und Fernwärmenetz die Abwärme aus der Wasserstoffherzeugung genutzt werden kann. Auch im Szenario II gilt der Ansatz, abseits der Wasserstoffherzeugung an Bio- und Faulgasherzeugern sowie an Klärwerken aus Gründen der Effizienz nur Standorte mit Nutzung der Abwärme zuzulassen.¹⁴⁵ Während der Anteil der Verbräuche im Umwandlungsbereich insbesondere aufgrund des Kohleausstiegs in beiden Szenarien deutlich zurückgeht, steigt der Verbrauchsanteil von neuen Technologien wie Wärmepumpen deutlich auf ähnliche Anteile in beiden Szenarien an.¹⁴⁶

In analoger Darstellung werden in der Abbildung 67 für Szenario I sowie in der Abbildung 68 für Szenario II die Zusammensetzung der Erzeugung und des Verbrauchs der Fernwärme in Brandenburg gegenübergestellt. Die hier benötigten Wärmemengen nehmen in beiden Szenarien im vergleichbaren Umfang langfristig um etwa ein Drittel von rund 30 PJ in 2018 auf rund 20 PJ in 2045 ab. Auch die Zusammensetzung des Verbrauchs unterscheidet sich nicht signifikant (für Details siehe Abschnitt 3.3.1). Die Fernwärmeerzeugung, die heute zu über 70 % aus fossilen Wärmekraftwerken und zu etwas weniger als einem Drittel aus Heizwerken besteht, wird sich demgegenüber drastischer wandeln müssen. Der Anteil der Wärmekraftwerke wird bereits ab 2030 unter 50 % betragen müssen und bis 2045 auf unter 20 % absinken. Demgegenüber müssen erneuerbare Energien in der Fernwärme, allen voran große Wärmepumpen, bereits in 2030 über 20 % übernehmen und bis 2045 auf rund 50 % anwachsen¹⁴⁷. Der Anteil an Abwärme liegt im Szenario II leicht höher (vgl. Abbildung 68, blauer Anteil), da hier mehr zusätzliche Verbraucher insbesondere zur PtG-Produktion in Betrieb sind, die gleichzeitig in die Fernwärme einspeisen. Den Ausstieg aus der Abfallverbrennung, der langfristig bis 2045 in beiden Szenarien vollständig angenommen wird, führt nach 2040 zu einem modellbedingt sprunghaften Anstieg der Wärme aus Heizwerken auf Basis grüner Brennstoffe.

¹⁴⁵ Die ausgewiesenen Stromexportmengen könnten anteilig auch für weitere strombasierte Verbraucher in Brandenburg genutzt werden - jenseits des im Szenario II abgebildeten Bedarfs.

¹⁴⁶ Dabei sind die Stromverbräuche von Wärmeerzeugern wie Wärmepumpen, PtH-Anlagen etc. gemäß der KSG-Zuordnung unterteilt in zentrale und dezentrale Technologien bzw. Fernwärme/ Energiewirtschaft (in der Abbildung dem Umwandlungsbereich zugeordnet) und Gebäude (in der Abbildung dem EEV-Gebäude zugeordnet).

¹⁴⁷ Nur die in das Fernwärmenetz eingebundene Großwärmepumpen werden hier betrachtet. Daneben gibt es Wärmepumpeneinsätze im Gebäude, in der Industrie, der Abfallwirtschaft und im Verkehrssektor, die jeweils einzeln bilanziert und nur durch den jeweiligen Endenergieverbrauch Strom repräsentiert sind.

Abbildung 66: Szenario II – Stromverbrauch und –Erzeugung 2030 bis 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)

Quelle: Eigene Darstellung, 2018 abgeleitet aus AfS BBB (2021a).

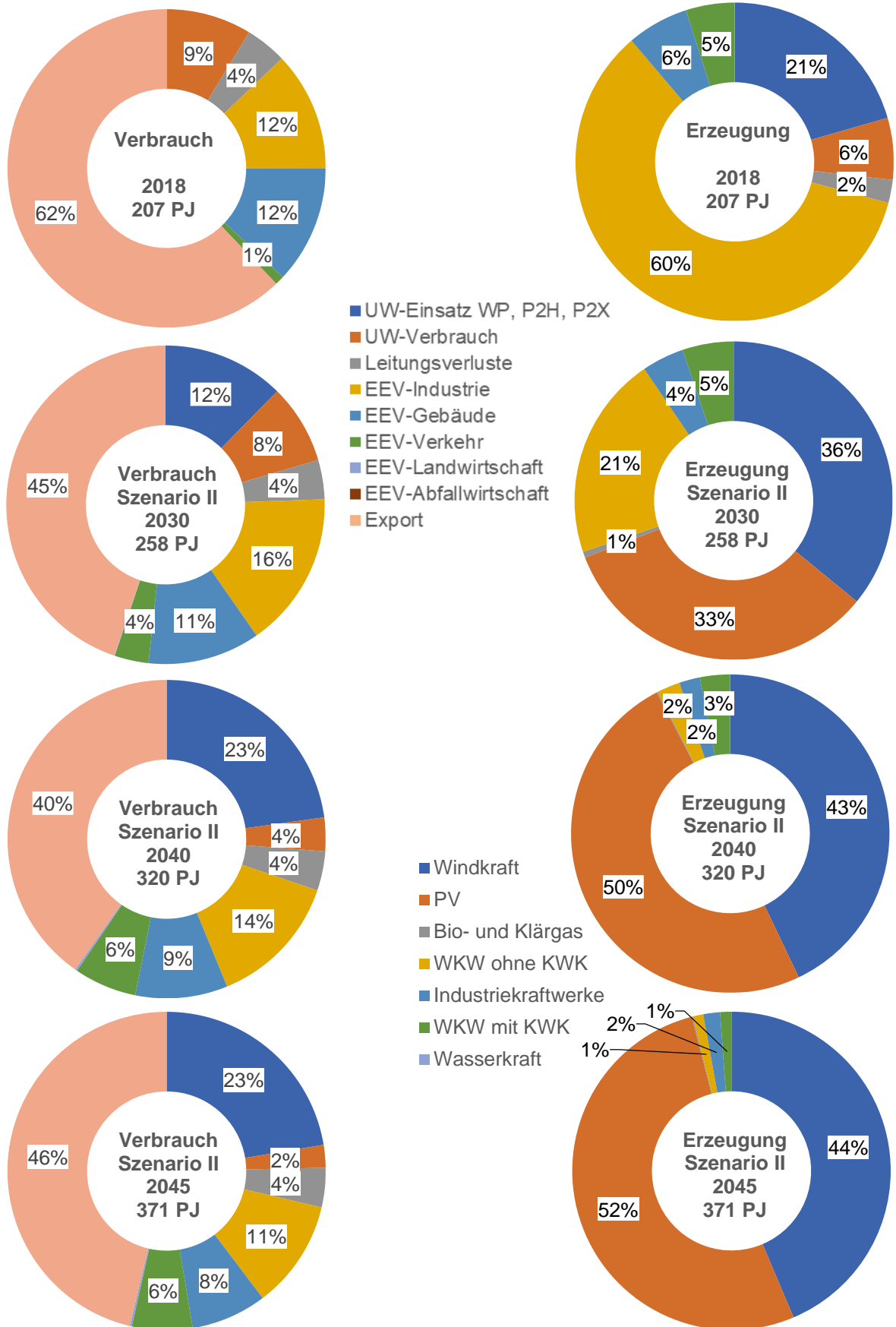


Abbildung 67: Szenario I – Fernwärmeverbrauch und –Erzeugung 2030 bis 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)

Quelle: Eigene Darstellung, 2018 abgeleitet aus AfS BBB (2021a).

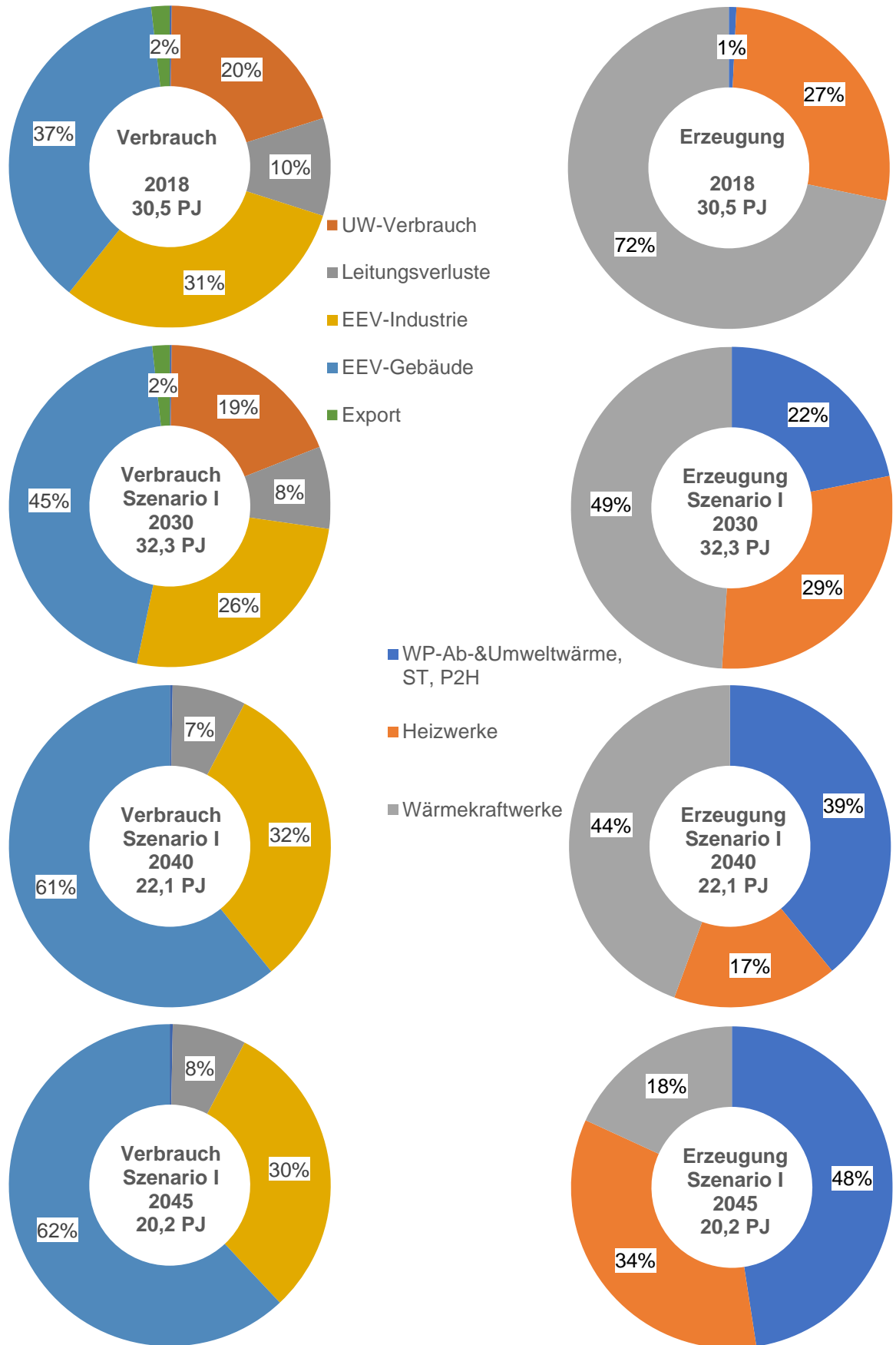
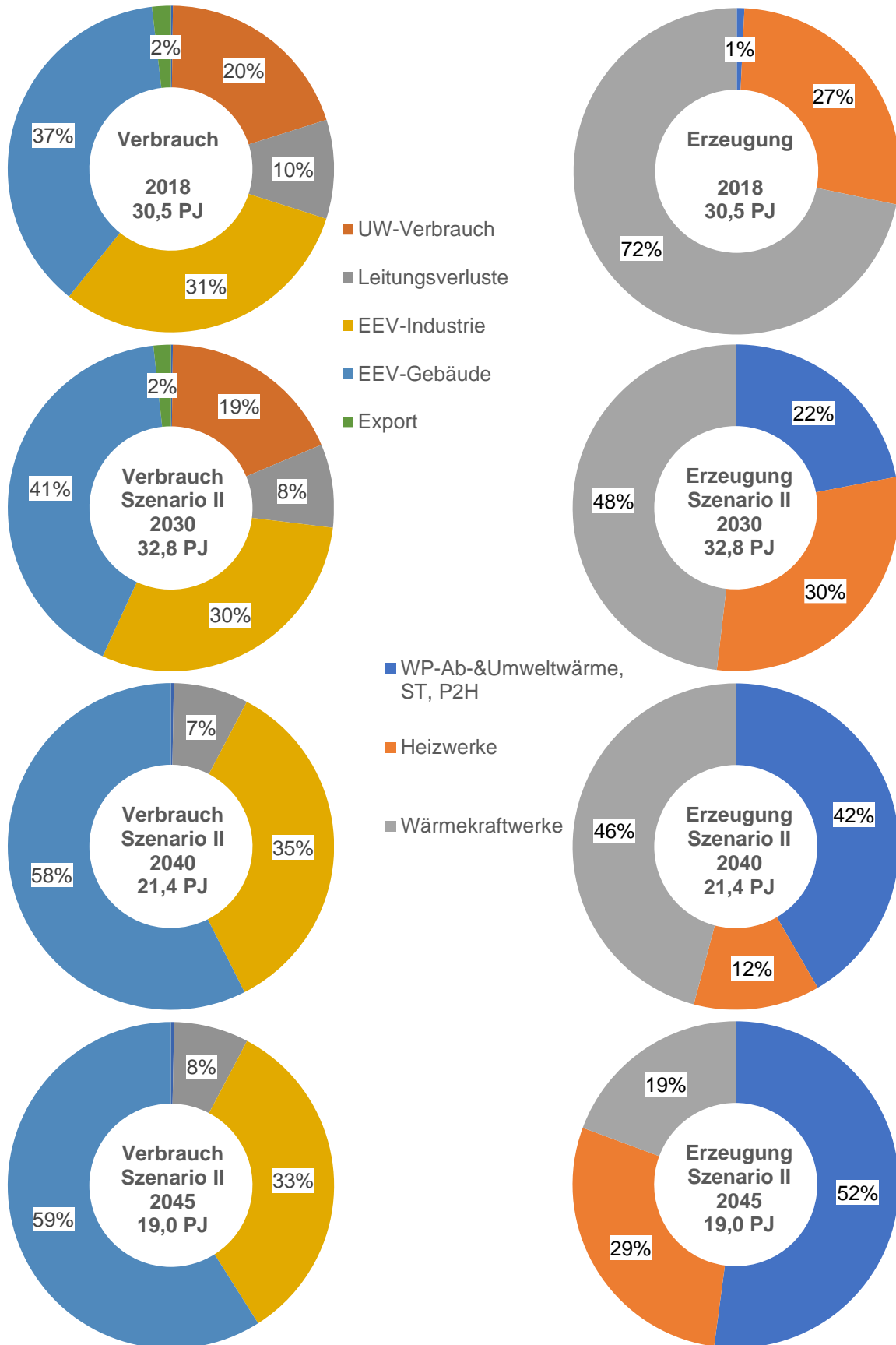


Abbildung 68: Szenario II – Fernwärmeverbrauch und –Erzeugung 2030 bis 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)

Quelle: Eigene Darstellung, 2018 abgeleitet aus AfS BBB (2021a).



3.9.2 Diskussion der Vorzugswürdigkeit der Szenarien

Die Beurteilung der Vorzugswürdigkeit eines der beiden Szenarien orientiert sich im ersten Schritt an der Frage der Treibhausgasminderung, die durch das jeweilige Szenario erreicht werden kann. Hierbei ist auch der mögliche Verlauf zu beachten, da dieser für die Menge, der bis zum Erreichen der Klimaneutralität insgesamt ausgestoßenen THG-Emissionen verantwortlich ist.¹⁴⁸ Der Blick auf die oben aufgezeigten Ergebnisse zeigt zunächst, dass beide Szenarien in Bezug auf die THG-Emissionen in den betrachteten Jahren keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Diese Betrachtung verändert sich, wenn man davon ausgeht, dass die Abweichung von rund 1 Mt CO₂e im Jahr 2030 auch in den Jahren davor und danach in ähnlicher Größenordnung kumuliert auftritt: summarisch über mehrere Jahre betrachtet sprechen die niedrigeren Gesamtemissionen also durchaus für das Szenario I. Als erstes Zwischenergebnis ist mit Blick auf die reine Treibhausgasbetrachtung demzufolge festzuhalten: Beide Szenarien führen in etwa gleichermaßen zum Ziel, jedoch in Summe mit **Vorteilen für Szenario I aufgrund der über die Jahre geringeren kumulierten Treibhausgasemissionen**.¹⁴⁹

Darüber hinaus wurden seitens der Gutachterinnen und Gutachter qualitative Einschätzungen zur **Eintrittswahrscheinlichkeit** vorgenommen, die zentralen Annahmen und Teilergebnissen der Szenarien zugesprochen werden. Diese Diskussion ist bereits weitgehend in den vorhergehenden Abschnitten der sektoralen Szenarienergebnisse dargestellt worden und wird hier zusammengeführt. Dabei wurden zur Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit jeweils **maßgebliche Vor- und Nachteile sowie Risiken** abgewogen und diskutiert. Im Einzelnen werden neben dem oben bereits behandelten THG-Unterschied überwiegend die folgenden Argumente als Vorteile von Szenario I aufgeführt:

- **Höhere Energieeffizienz und geringerer Energieverbrauch**
In Szenario I führt die stärkere Durchdringung von Energieeffizienz- sowie Suffizienzmaßnahmen zu einem geringeren Endenergieverbrauch. Dies betrifft u. a. höhere energetische Sanierungsraten, geringere Flächenverbräuche, aber auch höhere Elektrifizierungsraten im Verkehrsbereich. Hierdurch werden die THG-Emissionen bei einem anteilig fossilen Energieträgermix reduziert und ein effizienterer Umgang mit energetischen Ressourcen verfolgt. Da generell von einer weiterhin anhaltenden Knappheitssituation fossiler, aber auch erneuerbarer Energieträger auszugehen ist, weist das Szenario I diesbezüglich einen klaren Vorteil und eine höhere Resilienz auf.
- **Stärkere Reduktion des Gasverbrauchs und geringere Importabhängigkeit**
Die stärkere, frühzeitige Reduktion von Erdgas und der restriktivere Einsatz von Wasserstoff und Mischgas reduzieren in Zukunft die Abhängigkeit Brandenburgs von Energieimporten. Neben den Nachteilen des Imports in Form von Unsicherheit bei den Preisen, zusätzlichen Transportkosten, Flächen- und Ressourcenverbrauch im Ausland etc. entsteht eine starke Abhängigkeit von externen Rohstoffmärkten.¹⁵⁰

¹⁴⁸ Dabei ist zu beachten, dass der Verlauf im Rahmen des Gutachtens nicht modelliert werden konnte. Eine vereinfachte Abschätzung kann durch angenommene lineare Verläufe zwischen der Gegenwart (Datenstand 2018) und den jeweiligen (Zwischen-)Zielwerten 2030, 2040 und 2045 vorgenommen werden; siehe hierzu Abschnitt 3.9.3.

¹⁴⁹ Zu den kumulierten THG-Emissionen und einer Einordnung siehe auch den nächsten Abschnitt 3.9.3.

¹⁵⁰ Weitere Ausführungen zu diesbzgl. (Kosten-)Risiken folgen unten.

- **Geringerer Ausbaudruck bei erneuerbaren Energien in Brandenburg**
Beide Szenarien erfordern einen hohen Ausbau erneuerbarer Energien in Brandenburg, Szenario I jedoch aufgrund höherer Effizienz und geringerer Bedarfe an grünen Brennstoffen (s. o.) in geringerem Umfang. Dies mindert auch den Druck auf die Flächen(bereitstellung), die Akzeptanzprobleme vor Ort und den Investitionsbedarf.
- **Geringerer Rohstoffbedarf durch mehr Kreislaufwirtschaft**
Im Szenario I erfolgt in einigen Sektoren eine stärkere Umsetzung der Kreislaufwirtschaft und damit ein effizienterer Einsatz von Rohstoffen. Hierdurch können Nutzungskonflikte und Beschaffungs- bzw. Lieferkettenprobleme verhindert und/oder abgemildert werden. Auch dies ist als eine wichtige Resilienzstrategie in der (regionalen und nationalen) Rohstoffbeschaffung und –Verfügbarkeit anzusehen.
- **Etwas geringere Abhängigkeit von in Entwicklung befindlichen Technologien**
Insgesamt wird Szenario I stärker durch bereits vorhandene Technologien geprägt, wohingegen im Szenario II die Anwendung von zum Teil heute noch nicht marktreifen Technologien deutlich stärker zum Einsatz kommt. Als Beispiel sind hier die verschiedenen Verfahren der Pyrolyse zu nennen, von denen viele ein hohes Potenzial aufweisen, derzeit aber erst einige kommerziell und zu marktfähigen Kosten verfügbar sind.

Damit ist in Summe festzustellen, dass das Szenario I eindeutig als vorzugswürdig anzusehen ist, da es in allen hier genannten Dimensionen klare Vorteile, weniger Risiken und die höhere Resilienz im Vergleich zum Szenario II aufweist.

Auch in Bezug auf die **Kosten** ist davon auszugehen, dass das Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ deutliche Vorteile gegenüber dem Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ aufweist. Im Rahmen der eingangs bereits zitierten Langfristszenarien für das BMWK (Fraunhofer ISI 2022; Sensfuß et al. 2021) wurden auch grobe Kostenanalysen für die Grundszenarien („Szenariowelten“) sehr starke Elektrifizierung (TN-Strom), sehr starke Nutzung von Wasserstoff im Energiesystem (TN-H₂-G) und sehr starke Nutzung von synthetischen Kohlenwasserstoffen im gesamten Energiesystem (TN-PtG/PtL) vorgenommen.¹⁵¹ Auch wenn die Szenarien mit den hier im Gutachten entwickelten im Detail eine Reihe von Abweichungen aufweisen und sich die zu Grunde liegenden Kostendaten und Preisentwicklungen der im Frühjahr 2021 veröffentlichten Analysen zum Teil grundlegend verändert haben, dürften die klaren Tendenzaussagen eine gewisse Robustheit aufweisen. Sensfuß et al. (2021) weisen die kumulierte Differenz der Kosten der Szenarien TN-H₂-G und TN-PtG/PtL im Vergleich zum günstigsten Szenario TN-Strom aus. „Dabei zeigt sich, dass das Szenario TN-PtG/PtL bis zum Jahr 2050 mehr als 350 Mrd. € teurer ist als das Szenario TN-Strom. Das Szenario TN-H₂-G kostet bis 2050 ca. 250 Mrd. € mehr“ (ebda., S. 29). Als Gründe werden vor allem die höheren Brennstoffkosten genannt, da synthetische Kohlenwasserstoffe - auch mit sehr optimistischen Annahmen - ein sehr viel teurerer und Wasserstoff ein deutlich teurerer Brennstoff seien als Strom. Die Autorinnen und Autoren verweisen zudem darauf, dass im Szenario TN-Strom deutlich weniger Geld in die Energieträger fließt, dafür aber erheblich mehr Geld in Infrastrukturen und die Hülle von Gebäuden. Dies dreht sich im Szenario TN-PtG/PtL um, wobei mehr Geld aus Deutschland für den Import von Energieträgern abfließt. Im Szenario TN-H₂-G ist der Energieträger Wasserstoff gegenüber den synthetischen Brennstoffen günstiger, aber dafür fallen hier u. a. höhere Kosten für Infrastrukturen und die Umstellung der Heizungssysteme an. Diese Analyse zeigt, dass auch in Bezug auf die möglichen Kosten der

¹⁵¹ TN steht für Treibhausgasneutralität; zur Studie und den Szenarien siehe auch Abschnitt 3.1.1.

Szenarien - sowie auch die Wertschöpfung, die regional und national entstehen kann - das hier im Gutachten entwickelte Szenario I klare Vorteile aufgrund deutlich geringerer Transformationskosten aufweist.

Als Fazit ist damit Szenario I nicht nur als eindeutig vorzugswürdig gegenüber Szenario II einzustufen, sondern auch als dasjenige mit der höheren Eintrittswahrscheinlichkeit.

Die Frage der volkswirtschaftlichen Kosten für Klimaschutzmaßnahmen im Vergleich zu den Kosten des Klimawandels (bzw. zum „Nichts-tun“) wird schon seit längerer Zeit in der Wissenschaft behandelt. Nicht zuletzt seit dem sogenannten Stern-Report (2006), ein Bericht unter der Leitung des ehemaligen Chefökonom der Weltbank Nicholas Stern im Auftrag der damaligen britischen Regierung, der auch in der internationalen Klimapolitik viel Beachtung gefunden hat, gilt die Schlussfolgerung, dass die **Kosten des Handelns (Klimaschutz) viel geringer** seien **als die Kosten des Nicht-Handelns (ungebremster Klimawandel)**. Auch wenn sich insbesondere zukünftige Klimafolgen nur schwer in Gänze und sicher ermitteln, modellieren und folglich ökonomisch beziffern lassen, so werden die Analysen bisher erfolgter Schäden, aus denen dann Projektionen abgeleitet werden können, immer genauer. Derartige Schadenskosten und –Projektionen gibt es beispielsweise von Rückversicherern sowie einer zunehmenden Zahl an wissenschaftlichen Analysen. In einer aktuellen Untersuchung der Klimafolgekosten in Deutschland im Auftrag vom BMWK und BMUV¹⁵² kommen die Autorinnen und Autoren zu dem Ergebnis, dass allein durch die (begrenzte) Auswahl der betrachteten extremen Wetterereignisse seit 2018 in Deutschland mindestens 80 Milliarden Euro an erfassbaren Schäden entstanden sind (Trenczek et al. 2022). Dabei entfallen auf die Hitze- und Dürresommer 2018 und 2019 schätzungsweise 35 Milliarden Euro, auf die Flutkatastrophe 2021 mehr als 40 Milliarden Euro. Auch die Schäden durch Hagel und Sturm liegen im Milliardenbereich. Viele Schäden ließen sich monetär jedoch nicht erfassen, weshalb die Schadenssumme insgesamt deutlich höher ausfallen dürfte.

Die anstehenden Klimaschutzinvestitionen in Deutschland, die zum Erreichen der Klimaneutralität erforderlich sind, wurden jüngst von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) auf rund 5 Bio. Euro beziffert (Brand und Römer 2022). Davon entfallen rund 10 % (500 Mrd. Euro) auf öffentliche Investitionen, wobei diese auch in hohem Maße die Investitionen öffentlicher Unternehmen (wie beispielsweise Stadtwerke) in erneuerbare Energien oder Fahrzeuge beinhalten. Generell entfällt der größte Investitionsbedarf gemäß der Untersuchung auf den Verkehrsbedarf, gefolgt vom Sektor Energie sowie Industrie und private Haushalte in etwa gleichen Anteilen. Als zentrale Herausforderung kennzeichnen die Autoren, „die Finanzströme im föderalen System so zu steuern, dass sie dort ankommen, wo sie für die Transformation benötigt werden“ (ebda., S. 4). Drängend sei beispielsweise die Frage, wie die Gelder von der Bundes- auf die Kommunalebene gelangen können, da „fast zwei Drittel der erforderlichen öffentlichen Investitionen auf Ebene der Städte, Gemeinden und Landkreise verortet werden“ (ebda.).

¹⁵² Das Projekt „Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland“ wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) beauftragt und von der Prognos AG, dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) und der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) durchgeführt.

3.9.3 Empfehlungen für Reduktions- und Sektorziele für das Land Brandenburg

Aus den obigen Ausführungen leitet sich klar die Empfehlung ab, dass die Ausprägungen und das Design des **Szenario I „mehr Elektrifizierung und Effizienz“ handlungsleitend für den Brandenburger Klimaplan** sein sollten. Dies beinhaltet selbstverständlich auch den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur in signifikantem Maße, so dass es hier nicht um ein Entweder-oder geht, wenn gleich sich eine klare Priorisierung zu Gunsten von möglichst viel und umfassender Elektrifizierung und Effizienz in allen Sektoren ergeben hat. Aus dem Szenario I leiten sich folglich auch die im Rahmen dieses Gutachtens empfohlenen Klimaschutzzielwerte für das Land Brandenburg ab. Dabei wurden die im Verlauf des Gutachtens ermittelten Werte des Szenario I unter Verwendung der Thünen-Submissionsdaten 2021 bereits Grundlage der verabschiedeten Zwischen- und Sektorziele zum Klimaplan Brandenburg (siehe Landesregierung Brandenburg (2022c) sowie Abschnitt 6.3). Die nachfolgenden Ausführungen dieses Abschnitts basieren auf den im hier vorliegenden Gutachten ermittelten aktuellen Werten unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission 2022, wenn nicht anders gekennzeichnet.

Die Szenarienvläufe (siehe Abbildung 56 und Tabelle 61) zeigen klar auf, dass das Land Brandenburg zur Erreichung der Klimaneutralität die Geschwindigkeit der Treibhausgasreduktion im Vergleich zur letzten Dekade (2010 – 2020) deutlich erhöhen muss. Dies gebietet auch der Beschluss des Bundesverfassungsgerichts zum Bundes-Klimaschutzgesetz. **Bis zum Jahr 2030 sollten rund 22 Mt CO₂e ggü. 2020 eingespart werden**, dies entspricht rund dem doppelten Wert gegenüber den Einsparungen in der letzten Dekade. Wie der Zwischenbericht offenbart hat, gab es in der letzten Dekade außer im Energiewirtschaftssektor kaum Verbesserungen, eher ansteigende Emissionstrends. In der laufenden Dekade müssen diese Trends gebrochen werden und alle Sektoren zur Erreichung der Klimaneutralität und des Zielwerts bis 2030 beitragen. Trotz dieser immensen Anstrengung – zum gegenwärtigen Zeitpunkt verbleiben nur noch etwas mehr als sieben Jahre – verbleibt am Ende des Jahres 2030 noch ein restlicher Emissionswert in Höhe von etwa 32 Mt CO₂e. Dies resultiert maßgeblich daraus, dass immer noch ein signifikanter Restbetrieb an Braunkohlekraftwerken angenommen wurde. Angesichts der aktuellen Erdgaskrise aufgrund des russischen Krieges in der Ukraine und der langfristig möglichen geopolitischen und energiewirtschaftlichen Folgen scheint diese Annahme auch vor diesem Hintergrund durchaus plausibel, auch wenn die Emissionen eine große Hypothek für die Brandenburger Klimabilanz darstellen.

Im Ergebnis erreicht Brandenburg damit dennoch **im Jahr 2030 eine Reduktion um 74 % gegenüber 1990**, was über dem aktuellen Bundeszielwert des KSG von -65 % bis 2030 liegt. Allerdings hatte Brandenburg im Jahr 1990 noch einen sehr hohen Emissionswert wegen veralteter, ineffizienter fossiler Kraftwerke und Industrieanlagen, ein Großteil der Reduktion Anfang der 1990er Jahre ist folglich auf Stilllegungen und Modernisierungen zurückzuführen. Bereits in der Energiestrategie 2030 aus dem Jahr 2012 wurde ein Reduktionsziel von -72 % auf die energiebedingten CO₂-Emissionen bis 2030 gegenüber 1990 festgelegt; daran knüpft unser Szenarioergebnis gewissermaßen an.¹⁵³ Gemäß Beschluss auf der COP 26 in Glasgow (s. o.) soll die Weltgemeinschaft bezogen auf das Jahr 2010 45 % der Emissionen bis 2030 einsparen. Dies entspricht

¹⁵³ Das Reduktionsziel der Energiestrategie 2030 wurde auf die energiebedingten CO₂-Emissionen ggü. 1990 festgelegt, was auf einen Restwert von 25 Mt CO₂ führen sollte. In den Emissionswerten dieses Gutachtens sind demgegenüber zusätzlich prozessbedingte CO₂-Emissionen sowie weitere Treibhausgasemissionen enthalten. Daher übersteigt der hier vorgeschlagene Zielwert für 2030 den damaligen, rein energiebedingten CO₂-Emissionszielwert.

für das Land Brandenburg bezogen auf 1990 ebenfalls einem Reduktionswert von 72 %, der durch unser empfohlenes Ergebnis leicht übertroffen wird. Damit sind die Ergebnisse des Gutachtens einerseits an bisherige Brandenburger Beschlüsse sowie an aktuelle internationale klimapolitische Beschlüsse anschlussfähig und beinhalten darüber hinaus im Sinne des Beschlusses des Bundesverfassungsgerichts zum KSG ein (leicht) höheres Ambitionsniveau.

Bis 2040 muss ein weiterer großer Reduktionsschritt gelingen. Bis dahin greifen der Infrastrukturumbau und der Technologiewechsel in signifikanterem Umfang, so dass die **Reduktionsleistung** in der Dekade **auf 27 Mt CO₂e weiter gesteigert** werden kann, und damit bereits 96 % Reduktion gegenüber 1990 erreichbar sind. Bis 2040 muss auch bereits der Senkenaufbau im Sektor LULUCF wirken, der bis 2045 die dann noch verbleibenden Emissionen vor allem aus der Landwirtschaft kompensieren muss. Um die beschriebenen Steigerungen zu erreichen, werden im nächsten Kapitel ambitionierte und kurzfristig wirksame Maßnahmen in der erforderlichen Breite in allen Sektoren sowie übergreifend vorgeschlagen. Ein früherer Ausstieg aus der Kohle wäre, wie die Abbildungen eindrücklich zeigen, der mit Abstand größte Hebel für weitere signifikante Emissionsminderungen.

Am Ende verbleiben im Jahr 2045 in der gegenwärtigen Darstellung noch **Restemissionen** von 0,8 Mt CO₂e. Während wir bei den Emissionen der Landwirtschaft davon ausgehen, dass diese in etwa vom LULUCF-Sektor kompensiert werden müssen, schafft dieser Senken-Sektor es voraussichtlich nicht, die im Szenario angenommenen Restemissionen der Industrie auszugleichen. Diese Restemissionen werden hier ausgewiesen, da wir noch keine Maßnahmen wie CCS oder CCU in größerem Stil angesetzt haben, da diese aus heutiger Sicht noch mit zu vielen Unwägbarkeiten verbunden sind. Während wir bei allen anderen Sektoren von entsprechenden (sozio-)technischen Lösungen ausgehen können, die die Emissionen auf null bringen können, ist dies bei einigen Industriezweigen aus heutiger Sicht noch nicht der Fall. Das bedeutet nicht, dass diese Restemissionen letztlich nicht doch durch technische Lösungen, Suffizienz oder Substitution weiter gemindert werden können. Es verweist jedoch auch darauf, dass Brandenburg sich zur Sicherstellung der bilanziellen Klimaneutralität frühzeitig mit Fragen der Kompensation befassen sollte (siehe hierzu auch Maßnahmenvorschlag [8-2.7](#)).

Auch wenn die hier empfohlenen relativen Reduktionsleistungen und Zielwerte überdurchschnittlich hoch erscheinen mögen, so zeigen die absoluten Zahlen, dass Brandenburg noch in den nächsten ein bis zwei Dekaden vergleichsweise viel emittieren wird. Summiert man die Emissionen, die ab 2020 bis zum Eintreten der Klimaneutralität bis 2045 gemäß Szenario I anfallen unter der Annahme linearer Verläufe in den Zwischenjahren auf, dann ergibt sich eine **kumulierte Emissionsmenge von 660 Mt CO₂e**. Vergleicht man diesen Wert mit möglichen Emissionsbudgets, die man aus den globalen IPCC-Budgets zunächst für Deutschland¹⁵⁴ und dann für Brandenburg¹⁵⁵ ableitet, dann ergibt sich folgender Befund: Die durch das Szenario I verursachten Emissionsmengen bis zum Zeitpunkt der Klimaneutralität 2045 übersteigen selbst ein 2°-Budget, welches auf der Basis des Brandenburger Anteils an den weltweiten THG-Emissionen berechnet wurde. Dieser Budgetanteil beläuft sich ab 2020 auf einem Wert von 505 Mt CO₂e, und würde folglich um 155 Mt CO₂e überschritten.¹⁵⁶ Vergleicht man die THG-Emissionen des Szenario I mit

¹⁵⁴ Für die Berechnung für Deutschland siehe Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 2020).

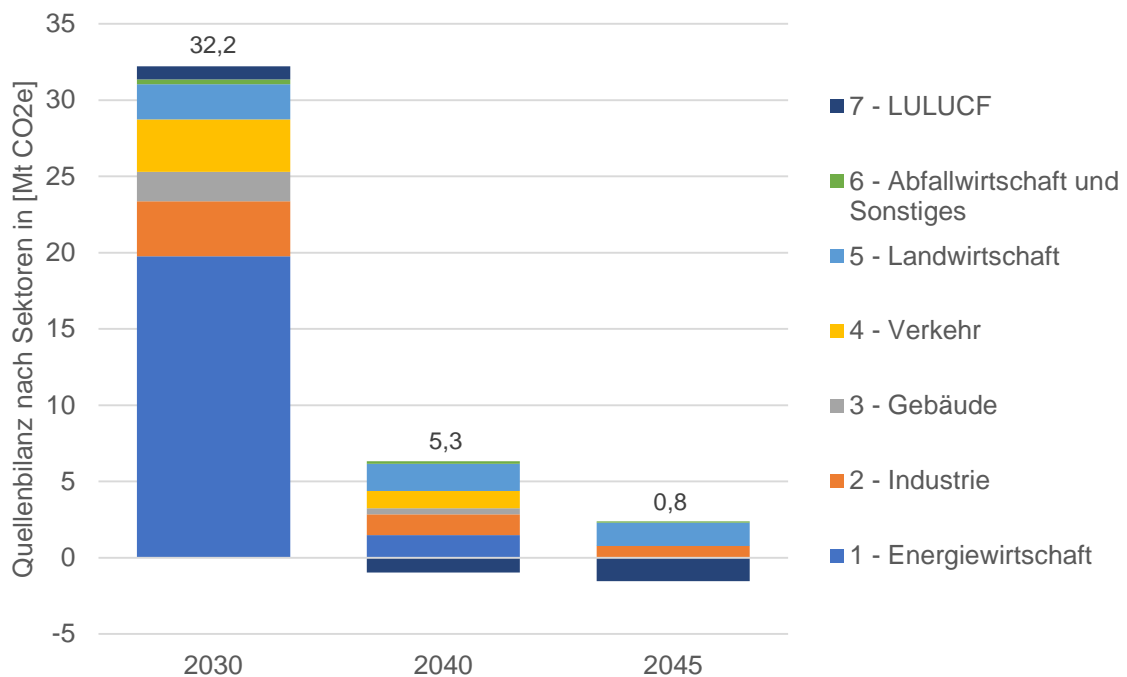
¹⁵⁵ Vertiefend siehe im Zwischenbericht (Hirschl et al. 2022).

¹⁵⁶ Dabei handelt es sich um ein Ausgangsbudget für das 2°-Ziel, welches der IPCC mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 83 % angibt. Budgetwerte aus anderen Szenarien mit geringeren Eintrittswahrscheinlichkeit liegen darüber.

Budgetwerten für Brandenburg, die auf der Basis des deutlich strengeren 1,5°-Ziels¹⁵⁷ berechnet und nicht nach dem THG-Anteil, sondern nach dem Bevölkerungsanteil oder dem BIP-Anteil an den bundesweiten Werten umgerechnet werden (beide Anteile sind ungefähr ähnlich hoch), dann verschärft sich das Bild noch deutlicher. Das Brandenburger Budget liegt für das 1,5°-Ziel bei den genannten Umrechnungsvarianten nur noch bei knappen rund 50 Mt CO₂e – und würde damit um mehr als 600 Mt, also mit mehr als der 12-fachen Emissionsmenge überschritten. Dies zeigt einerseits klar, dass das Land Brandenburg keine Chance hat, das 1,5°-Ziel im eigenen Land einzuhalten, und dass darüber hinaus auch die Einhaltung des 2°-Ziels sehr herausfordernd wird. Andererseits ist es aber in jedem Fall dringend erforderlich, die hier ermittelten Reduktionswerte der Zieljahre 2030 und 2040 schnellstmöglich und auf einem mindestens linearen Pfad anzustreben und konsequent einzuhalten. Die nachfolgende Abbildung 69 zeigt die Ergebnisse für das empfohlene Szenario I, aufgeschlüsselt nach Sektoren.

Abbildung 69: THG-Zielwerte (2030, 2040, 2045) für das Land Brandenburg inklusive KSG-Sektoren, Stand 11/2022 unter Berücksichtigung der Thünen-Submissionsdaten 2022

Quelle: Eigene Darstellung.



In Tabelle 61 werden zunächst die mit der obigen Abbildung verbundenen Werte dargestellt, welche die aktuellen Thünen-Submissionsdaten 2022 berücksichtigen. Die Tabelle 62 zeigt demgegenüber die auf Basis der Submissionsdaten von 2021 ermittelten Ergebnisse des Szenario I, die zu abweichenden Ergebnissen in den Sektoren Landwirtschaft und LULUCF sowie in Summe führten.¹⁵⁸ Die Werte der Tabelle 62 waren im August 2022 Grundlage für den Beschluss der Landesregierung (2022c) (siehe auch Abschnitt 6.3).

¹⁵⁷ Auch hier mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 83 %.

¹⁵⁸ Siehe hierzu die methodischen Erläuterungen in den Abschnitten 3.7.1 und 3.8.1.

Tabelle 61: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg, nach Sektoren, für 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung (1990, 2010, 2020), Stand 11/22 unter Berücksichtigung der Thünen-Submission 2022

Quelle: Eigene Darstellung, historische Daten nach LfU (2021) und Thünen (2022a; 2022b).

[Mt CO ₂ e]	1990 ¹⁵⁹	2010 ¹⁴²	2020 ¹⁴²	2030	2040	2045
Sektor Energiewirtschaft	64,5	42,9	31,5	19,7	1,5	0,0
Sektor Gebäude	11,2	3,7	3,9	1,9	0,4	0,0
Sektor Verkehr	3,3	5,5	5,2	3,4	1,1	0,0
Sektor Industrie	14,6	6,9	7,8	3,6	1,4	0,8
Sektor Abfallwirt., sonstiges	22,2	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1
Sektor Landwirtschaft	4,9	3,2	3,0	2,3	1,8	1,5
Sektor LULUCF	4,7	1,1	1,8	0,8	-1,0	-1,5
Brandenburg gesamt	125,4	64,2	53,8	32,2	5,3	0,8¹⁶⁰
Veränderung ggü. 1990	-	-49 %	-57 %	-74 %	-96 %	-99 %
Veränderung ggü. 2010	-	-	-16 %	-50 %	-92 %	-99 %

Tabelle 62: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg, nach Sektoren, für 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung (1990, 2010, 2020), Stand 5/2022 unter Berücksichtigung der Thünen-Submission 2021

Quelle: Eigene Darstellung, historische Daten nach LfU (2021).

[Mt CO ₂ e]	1990 ¹⁴²	2010 ¹⁴²	2020 ¹⁴²	2030	2040	2045
Sektor Energiewirtschaft	64,5	42,9	31,5	19,7	1,5	0,0
Sektor Gebäude	11,2	3,7	3,9	1,9	0,4	0,0
Sektor Verkehr	3,3	5,5	5,2	3,4	1,1	0,0
Sektor Industrie	14,6	6,9	7,8	3,6	1,4	0,8
Sektor Abfallwirt., sonstiges	22,2	0,9	0,6	0,3	0,2	0,1
Sektor Landwirtschaft	5,4	3,6	3,4	3,0	2,6	2,4
Sektor LULUCF	4,5	1,4	0,7	-0,6	-1,8	-2,4
Brandenburg gesamt	125,7	64,8	53,1	31,3	5,4	0,9
Veränderung ggü. 1990	-	-48 %	-58 %	-75 %	-96 %	-99 %
Veränderung ggü. 2010	-	-	-18 %	-51 %	-92 %	-99 %

¹⁵⁹ Die Werte für 1990, 2010 und 2020 basieren auf den Quellbilanzdaten von LfU (2021), die nicht vollständig der KSG-Bilanzierungsmethodik entsprechen, aktualisiert um die Daten für Landwirtschaft und LULUCF gemäß Thünen (2022a; 2022b). Die Jahre 2030, 2040 und 2045 wurden im Rahmen des Gutachtens vollständig nach KSG-Methodik ermittelt und sind damit in den absoluten Ergebnissen anschlussfähig an die KSG-Daten des Bundes. Zu weiteren methodische Abweichungen der bisherigen und der KSG-Bilanzierung siehe den Zwischenbericht zum Gutachten (Hirschl et al. 2022). Eine Überführung der historischen Daten in die aktuelle Bilanzierungsmethode nach KSG ist für die Zukunft empfehlenswert.

¹⁶⁰ Rundungsbedingte Ungenauigkeit in dieser Darstellung mit einer Kommastelle.

4 Strategie- und Maßnahmenempfehlungen

4.1 Eine Klimaschutzstrategie für Brandenburg

Um die vorgeschlagenen Zielwerte zu erreichen und konsequent in allen Sektoren auf einen Klimaneutralitätspfad zu kommen, sind entsprechend ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen erforderlich. Die nachfolgend von den Gutachterinnen und Gutachtern vorgeschlagenen Maßnahmen entstanden im Rahmen des Erarbeitungsprozesses nicht nur auf der Basis von Beispielen aus der Praxis anderer Länder und Vorschlägen aus der aktuellen Fachliteratur, sondern stammen zum Teil auch aus den verschiedenen Beteiligungsformaten: aus den diversen Interaktionen mit den Fachverwaltungen, aus den Stakeholder-Workshops sowie aus der breiteren Online-Beteiligung. Darüber hinaus gab es zu den meisten Maßnahmenentwürfen ausführliche Feedbacks aus den Fachverwaltungen sowie ebenfalls im Rahmen von einzelnen nachgeschalteten Fachgesprächen. Die Entwicklung von Maßnahmen für den Klimaplan erfolgt durch die Landesregierung und ist Teil politischer Prozesse.

Die nachfolgende Strukturierung löst sich gemäß dem Beschlussdokument der Brandenburger Landesregierung vom 16. November 2021 von der Sektorengliederung und benennt als Bezugsrahmen für die Erarbeitung von Maßnahmen sogenannte **Handlungsfelder**, die sich stärker auf die Handlungsmöglichkeiten der Landesebene beziehen. Diese weisen im Kern immer noch eine große Nähe zu den Sektoren auf, weichen jedoch in Einzelheiten davon ab, da Teilbereiche anders zugeordnet und Themenschwerpunkte explizit benannt sind. Die 8 zentralen Handlungsfelder lauten:

- Handlungsfeld 1: Energie und Wasserstoffwirtschaft
- Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie
- Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen, Wohnen
- Handlungsfeld 4: Verkehr und Mobilität
- Handlungsfeld 5: Landwirtschaft und Ernährung
- Handlungsfeld 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft
- Handlungsfeld 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung
- Handlungsfeld 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte

Für jedes dieser Handlungsfelder werden nun diverse Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel (Maßnahmen mit Untermaßnahmen) abgeleitet, die helfen sollen, im Land Brandenburg auf den Pfad der Klimaneutralität zu gelangen. Hierzu ist mit Blick auf das Vorgehen und die methodische Herangehensweise folgendes festzuhalten:

- Die Maßnahmen beziehen sich im engeren Sinne auf das Szenario I und seine übergreifenden wie spezifischen Zielwerte, allerdings ist davon auszugehen, dass die allermeisten Maßnahmen für beide Szenarien gleichermaßen gelten. Sie weisen damit gewissermaßen den **Charakter von „no regret“-Maßnahmen** auf, geht es doch in den nächsten Jahren in meisten Fällen zunächst darum, den bisherigen – im Regelfall unzureichenden - THG-Trend umzukehren (siehe Zwischenbericht) und eine entsprechende Klimaschutzdynamik in Gang zu bringen.

- Der **zeitliche Fokus** der formulierten Maßnahmen liegt insbesondere auf der kurzfristigen **Umsetzung**, um den oben genannten Effekt des möglichst schnellen und zielsicheren „Einschwenkens“ auf den Klimaneutralitätspfad zu erreichen. Teilweise handelt es sich dabei um einmalige Maßnahmen, teilweise um mittelfristig laufende, die über einen längeren Zeitraum erforderlich sind, eher selten um dauerhafte Maßnahmen. Die **Fristigkeit** ist jeweils gekennzeichnet.
- Im Fokus stehen zudem **Maßnahmen, die das Land Brandenburg umsetzen kann** und direkt betreffen, aber auch solche die **Kommunen** in Brandenburg adressieren bzw. unterstützen. Ebenfalls erforderlich ist selbstverständlich jedoch die **Bundesebene**, die noch eine Vielzahl an Rahmenbedingungen verändern bzw. im Sinne der Klimaneutralität verbessern muss. Die diesbezüglichen Empfehlungen werden im Rahmen der jeweiligen übergeordneten Handlungsfeldstrategie dargestellt.
- Alle Maßnahmenbündel werden in einer einheitlichen **Struktur** dargestellt: nach einer Beschreibung von Hintergrund und Ziel des Maßnahmenbündels werden die Einzelmaßnahmen dargestellt und wenn nötig erläutert. In der Folge werden kurz Kategorie und Rechtsrahmen, Verantwortlichkeit, Fristigkeit und Zielgruppe benannt. Falls möglich, erfolgen Aussagen zur THG-Minderungswirkung, zum Nutzen und demgegenüber zum Aufwand, im Regelfall bezogen auf Kosten für das Land und zusätzlichen Personalbedarf.
- Die **Abschätzung einer THG-Wirkung** von Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündeln ist im Regelfall nicht valide möglich, da die Maßnahmen zumeist nur Teilaspekte einer (z. B. technologiespezifischen) Klimaschutzwirkung umfassen, zum anderen, weil es keinen methodischen (modellhaften) Bezug von Maßnahmen(wirkungen) zur sektoralen Bilanz und ebenfalls nicht zur THG-Bilanz der Handlungsfelder gibt, die derzeit noch nicht vorliegt.¹⁶¹ Daher wird nachfolgend auf vereinfachte, stark fehleranfällige Abschätzungen zu (vermeintlichen) vereinzelt Maßnahmenwirkungen verzichtet. Es wird Aufgabe eines entsprechenden Monitorings sein, über entsprechend zu definierende Indikatoren und zu erhebende Daten eine maßnahmenscharfe Wirkungsabschätzung vorzunehmen. Im Vordergrund stehen daher nachfolgend im Regelfall qualitative Einschätzungen zur THG-Reduktionswirkung der Maßnahmen(bündel) sowie das Aufzeigen von Wirkungszusammenhängen.
- Bei der **Abschätzung der Kosten** werden die nach gegenwärtiger Einschätzung erforderlichen Mehrkosten zum Erreichen der Klimaneutralität angesetzt, die vom Land Brandenburg in Form von investiven Mitteln, Zuschüssen oder Krediten (im Rahmen von Förderungen) zu tragen sind. Dabei werden, soweit dies möglich war, vorhandene Bundesförderungen oder andere hier relevante Fördertatbestände (z. B. zum Moorschutz) berücksichtigt. Ebenso werden aktuelle ökonomische Rahmenbedingungen (inklusive des regulativen Rahmens) berücksichtigt, ohne dass dies im Detail berechnet werden konnte. Alle genannten Aspekte – die ökonomischen und regulativen Rahmenbedingungen unter Berücksichtigung der entsprechenden Förderkulisse – sind zudem aktuell zum Teil hochvolatil bzw. starken und kurzfristigen Änderungen unterworfen, so dass die hier getroffenen Aussagen eine Momentaufnahme darstellen und zum Zeitpunkt eines politischen Beschlusses neu abzuschätzen sind.
- Bei den **Abschätzungen zum Personalaufwand** gehen wir von einem für die Aufgaben der Klimaneutralität zusätzlich zu schaffenden Stellenbedarf aus, wenn die vorgeschlagenen

¹⁶¹ Aus diesem Grund gibt es auch keine THG-Bilanzdaten zu den Handlungsfeldern, sondern nur zu den Sektoren, die daher als Grundlage für die Szenarien und Zielwerte herangezogen wurden.

Maßnahmen neue oder vom Umfang her größere Aufgabenprofile aufweisen. Dies bedeutet nicht, dass diese Aufgaben letztlich nicht doch von Bestandspersonal zumindest anteilig bearbeitet werden können.

In **strategischer Hinsicht** wird es schließlich darum gehen, inwieweit die hier vorgeschlagenen Maßnahmen letztlich im Klimaplan des Landes Brandenburg aufgenommen werden. Das Ziel sollte sein, dass die aus Sicht der Klimaneutralität dringend erforderlichen Maßnahmen in allen Einzelstrategien eines jeden Ressorts Berücksichtigung finden müssen, dass etwaige Zielkonflikte mit anderen politischen Zielen gelöst werden, und dass im Fall unzureichender Klimaschutzwirkung alternative Maßnahmen und Programme implementiert werden müssen, die die politisch beschlossene Zielerreichung der Klimaneutralität bis 2045 sicherstellen. Um diese politisch-strategischen Steuerungsmechanismen verbindlich festzuschreiben, braucht es aus Sicht der Gutachterinnen und Gutachter ein Brandenburger Klimaschutzgesetz (siehe hierzu ausführlicher [HF 8-1](#)). Ein solches Gesetz schafft einen verbindlichen Rahmen für alle Handlungsfelder und die verantwortlichen Akteure und sorgt für die gemäß dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts (BVerfG 2021c) notwendige Klarheit und Ernsthaftigkeit in der Umsetzung, die ab sofort erforderlich ist.

Bereits die Vielzahl der Handlungsfelder und der dazu gehörenden Handlungsschwerpunkte, die nachfolgend mit jeweils vielen unterschiedlichen Maßnahmen unterlegt werden, zeigt auf, dass der Weg zur Klimaneutralität nur gemeinsam gelingen kann. Was generell gilt, gilt auf Landes- und kommunaler Ebene besonders: es gibt kein Königsinstrument (wie beispielsweise ein CO₂-Preis oder das EEG), das uns allein zum Ziel führt, sondern es sind in allen Handlungsfeldern viele Maßnahmen und die Aktivierung vieler Umsetzungsakteure erforderlich. Dafür braucht es „harte“ und „weiche“ Maßnahmen, von Vorgaben bis hin zu Anreizen sowie Information und Beratung. Allerdings können – und müssen - die vielen Maßnahmen auch auf viele Schultern verteilt werden, was gleichzeitig bedeutet, dass Klimaschutz in alle Ressorts und alle Referate einfließen muss: Es muss ein Mainstreaming des Themas und der Verantwortung für Klimaneutralität in alle Verwaltungen auf allen Ebenen erfolgen. Ebenso ist die Beteiligung und die Aktivierung von Wirtschaft und Zivilgesellschaft ein zentraler Erfolgsfaktor. Nicht zuletzt ist die Zusammenarbeit mit dem Nachbarland Berlin und der Bundesebene weiter zu intensivieren, um gemeinsam Klimaneutralität zu erreichen und einen dafür förderlichen, kooperativen Rahmen zu schaffen. Alle hier genannten strategischen Aspekte spiegeln sich mit unterschiedlichen Schwerpunkten je Handlungsfeld in den nachfolgend vorgeschlagenen Maßnahmen wider.

4.2 Handlungsfeld 1: Energie und Wasserstoffwirtschaft

Der möglichst frühzeitige Ausstieg aus der Kohleverstromung ist Brandenburgs bedeutendste Klimaschutzmaßnahme. Darüber hinaus richtet sich der Fokus des Handlungsfeldes Energie und Wasserstoffwirtschaft auf den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien, insbesondere Photovoltaik und die Windenergie, den Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft und auf Maßnahmen der Effizienzsteigerung. Raffinerien und Brikettfabriken werden im Handlungsfeld Klimaneutrale Industrie adressiert, die Entwicklung der Fernwärmenetze von der Strategie der Nutzung her wird im Abschnitt 4.4 zum Handlungsfeld „Wärmewende, Bauen und Wohnen“ betrachtet, wogegen der Teilaspekt zum Fernwärme-Erzeugungsmix in diesem Kapitel beleuchtet wird. Im Handlungsfeld 1 wird ergänzend zur reinen Wasserstoffwirtschaft auch die EE-Gaserzeugung angesprochen, die wiederum mit dem Fernwärme-Erzeugungsmix verknüpft ist.

4.2.1 Strategieempfehlungen

Die Themen des Handlungsfeldes Energie- und Wasserstoffwirtschaft sind die zentralen Themen der aktuellen Energiewendebatte und hängen daher stark von den Zielvorgaben und Rahmenbedingungen auf übergeordneten politischen Ebenen ab.

Tabelle 63: Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld Energie- und Wasserstoffwirtschaft

Quelle: Beschluss der Landesregierung, eigene Darstellung.

HS 1	Beschreibung der Handlungsschwerpunkte
HS 1-1	Ambitionierter EE-Ausbau
HS 1-2	Grüne Wasserstoffinfrastruktur
HS 1-3	Klimaneutraler Kraftwerkspark
HS 1-4	Energieeffizienz

Für den Handlungsschwerpunkt 1-1 „Ambitionierter EE-Ausbau“ ist zur Erreichung der technologiespezifischen Zielwerte des favorisierten Szenarios der Fokus auf folgende Themen zu lenken:

- Forcierung des Netzausbaus
Hierzu zählt nicht nur das Stromnetz, auch die Anbindung des neuen Wasserstoffnetzes an lokale Erzeuger und Verbraucher sowie der Ausbau des bestehenden Gasnetzes zum Anschluss der EE-Methanherzeugung aus Biogasanlagen, Klärwerken und Abfallverwertungsanlagen als Wandler von EE-Strom muss zusammen gedacht werden.¹⁶² Da der Netzausbau je Teilabschnitt möglichst nur einmal angefasst werden soll, ist hier die Entwicklung und Berücksichtigung einer weitsichtigen regionalen Netzplanung besonders wichtig, um Lock-in-Effekte zu vermeiden. Dabei sind zwingend die benötigten Energiemengen in der Endausbaustufe (Klimaneutralität 2045) inklusive Puffermengen für alle Netze zu berücksichtigen.

¹⁶² Aus übergeordneter Sicht zählt hier auch das aktuell diskutierte CO₂-Transportnetz dazu (OGE 2022b).

Entsprechende Strategien sind an die nationale und internationale Netzplanung frühzeitig weiterzuleiten, damit sie auf höherer Ebene widerspruchsfrei berücksichtigt werden können.

- Flächeneffiziente Bereitstellung von PV-Flächen und Ausbau auf versiegelten Flächen
Die Gewinnung erneuerbarer Energie via Windkraft und Photovoltaik ist flächenintensiv. Deshalb sollte Brandenburg das hohe Potenzial von Photovoltaik auf allen Arten versiegelter und sonstiger belasteter Flächen¹⁶³ zukünftig verstärkt durch Setzen von Anreizen und Unterstützung aktivieren¹⁶⁴. Gleichzeitig müssen Land und Kommunen in hohem Maße und so effizient wie möglich auch die Freiflächen nutzen; ein „entweder - oder“ gibt es hier nicht. Zum Erfolg der Energiewende gehört daher die ausreichende und rechtzeitige Bereitstellung von Freiflächen an geeigneten Standorten, z. B. auch an wiedervernässten Moorflächen. Durch das Zulassen gemeinsamer Freiflächennutzung kann der Flächenbedarf sinken. Dafür sind die vorhandenen Spielräume zu nutzen, weitere Verbesserungsmöglichkeiten der Rahmenbedingungen für Mehrfachnutzungen der knappen Freiflächen sollten durch Verwaltung und Regierung gesucht werden.
- Infrastrukturen und potenzielle Stakeholder regionaler Wirtschaftskreisläufe sollen einbezogen werden, d. h. Flächen für die Energiewandlung wie Wasserstoffherzeugung, Methanisierung, Speicherung und Wärmenutzung sollten möglichst eng mit Flächen für Wind und PV zur Stromerzeugung verknüpft werden, da dies den Netzausbau und die Netzverluste reduziert und wirtschaftliche Zusammenarbeit zwischen den Stakeholdern zum gemeinsamen Vorteil ermöglicht.¹⁶⁵ Durch die gemeinschaftliche Nutzung von PV- und Windflächen können zudem der spezifische Energieertrag je ha angehoben und damit weitere Fläche eingespart werden. Weitere Mehrfachnutzungen sind anzustreben (siehe auch [HF 1-2](#), [HF 8-3](#)).
- Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren (siehe auch [HF 8-3](#))
Die Errichtung von EE-Anlagen sowie der zugeordneten Energiespeicher und Wandler für die Bereitstellung von grünem Strom und grünen Gasen ist die Voraussetzung für viele nachgelagerte Prozesse, sei es beispielsweise die E-Mobilität, die Senkung der Abhängigkeit vom Erdgas oder der Kohleausstieg. Das Land soll hier durch die Bereitstellung von ausreichenden Finanz- und Personalmitteln alles daransetzen, die vom Bund angestrebten Beschleunigungsschritte auf der eigenen Ebene zu unterstützen und zu ergänzen. Durch die Beschleunigung wird das CO₂-Budget geschont, die Wahrscheinlichkeit einer Zielerreichung der Pariser Klimaschutzziele wird erhöht.
- Akzeptanzförderung
Sie ist die zweite Seite der Medaille „Beschleunigung der Energiewendeprozesse“. Nur wenn das Ziel gemeinsam getragen wird, wird auch eine Beschleunigung gelingen. Zu den wichtigsten Maßnahmen zur Akzeptanzförderung zählen Beteiligungsformen, wie sie unter [HF 8-6](#) beschrieben werden.

¹⁶³ Deponien, Flächen mit Altlasten und vergleichbare minderwertige Flächen.

¹⁶⁴ Der Brandenburger Landtag hat einen besonderen Fokus auf den Ausbau der Photovoltaik auf versiegelten Flächen gelegt (Landtag Brandenburg 2022a).

¹⁶⁵ Vorteile können beispielsweise die vermiedenen Netznutzungsgebühren, die gemeinsame Nutzung der Energieinfrastruktur oder die Nutzung von Überschussstrom vor dem Netzverknüpfungspunkt ohne Einspeisemanagement sein, aber auch die Diversifizierung landwirtschaftlicher Erträge und eine geringere Empfindlichkeit landwirtschaftlicher Erträge bei Extremwettersituationen.

- **Energiemarktdesign**
Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen müssen stimmen, damit der EE-Ausbau vorankommt und privates Kapital angereizt wird. Das Energiemarktdesign wird überwiegend auf EU- und Bundesebene geformt. Das Land soll sich hier an der Debatte aktiv beteiligen und eigene Expertise zur Beschleunigung des Wandels einbringen. Das Förderdesign und die Unterstützung regionaler Quartiere und Energiegemeinschaften mit hohem Autarkiegrad und Notstromfähigkeit sind dagegen Elemente, die auf der Ebene des Landes Brandenburg umgesetzt werden können und dabei den regionalen EE-Ausbau und die bei fluktuierender Erzeugung notwendige smarte Flexibilität und regionale Resilienz fördern.

Für den Handlungsschwerpunkt [1-2](#) „Grüne Wasserstoffinfrastruktur“ sollen neben den bereits erwähnten Aspekten insbesondere zum Netzausbau und zum Energiemarktdesign folgende Themen besonders berücksichtigt werden¹⁶⁶:

- **Umbau bestehender und zukünftiger Raffineriestandorte**
Grüner Wasserstoff, grünes Methan und grüner Strom sollen fossile Energieträger rasch ersetzen. Es sind beim Einsatz von flüssigen Energieträgern gewaltige Veränderungen zu erwarten, die einen Strukturwandel hin zu dezentralen Raffineriestandorten zur Effizienzsteigerung erstrebenswert erscheinen lassen, um bei der Energieumwandlung die Abwärme zur Dekarbonisierung der Fernwärme nutzen zu können. Die Dezentralisierung sollte durch das Land und den Bund gestützt werden (siehe auch [HF 2-7](#)).
- **Unterstützung des Aufbaus von Kohlenstoffkreisläufen**
Wasserstoff kann nicht an jeder Stelle großtechnisch verwertet oder gespeichert werden, auch mittelfristig nicht, z. B. weil eine Wasserstoff-Netzanbindung oder Speichermöglichkeit fehlt. Für den Aufbau einer grünen Wasserstoffinfrastruktur ist daher parallel der Aufbau von grünen Kohlenstoffkreisläufen wichtig, damit der Wasserstoff methanisiert und als gut speicherbares synthetisches Gas oder synthetischer Kraftstoff über die bestehende Infrastruktur einer späteren Nutzung zum passenden Zeitpunkt zugeführt werden kann. Durch den Aufbau von Kohlenstoffkreisläufen kann er bereits vor der Verfügbarkeit von Wasserstoffimporten, Wasserstoffnetzen und zentralen Wasserstoffspeichern regional genutzt und gespeichert werden.
- **Wasserkreisläufe**
Für die Herstellung von Wasserstoff sind je kg Wasserstoff mindestens 9 Liter Wasser erforderlich¹⁶⁷, je kWh sind es mindestens 0,27 Liter. Eine regionale Wasserstoffherzeugung erfordert ein regionales Wassermanagement insbesondere im niederschlagsarmen Brandenburg. Hierzu zählt auch die Berücksichtigung von offenen oder geschlossenen Wasserkreisläufen wie z. B. die Erzeugung von Wasserstoff aus Abwasserströmen oder die Verbrennung von Wasserstoff und Methan im Oxifuelprozess (Hirschl et al. 2021; Exytron 2020), bei dem das Wasser aus der Methanisierungsstufe und aus der Verbrennung direkt wieder der Elektrolyse zugeführt wird, ohne extern auf Wasserressourcen zugreifen zu müssen.

¹⁶⁶ Die hier vorgestellten Strategieelemente ergänzt die Brandenburger Wasserstoffstrategie (MWAE 2021a) insbesondere hinsichtlich der Methanisierung und Plasmalyse.

¹⁶⁷ Wasser hat die Molmasse 18 kg/mol, Wasserstoff dagegen nur 2 kg/mol. Bei der Elektrolyse entweichen 16 kg/mol als Sauerstoff.

Für den Handlungsschwerpunkt 1-3 „Umbau Kraftwerkspark“ sollen neben dem zeitnahen Kohleausstieg und den oben bereits erwähnten Aspekten insbesondere zum Netzausbau, zu Kohlenstoffkreisläufen und zum Energiemarktdesign folgende Strategien berücksichtigt werden:

- Dekarbonisierung der Wärmenetze
Die Fernwärmebetreiber müssen standortbezogene Strategien zur Diversifizierung der CO₂-freien Wärmeversorgung entwickeln und dabei unterstützt werden, den im zukünftigen GEG voraussichtlich geforderten Anteil erneuerbarer Energien von 65 % schnellstmöglich zu erreichen, um den Fernwärmeabsatz bei sinkender Abnahme je Anschluss durch Neuanschlüsse stabilisieren zu können. Viele Fernwärmebetreiber sind in kommunaler Hand und insbesondere bei der Erschließung von Abwärmepotenzialen aus der Abfall- und Abwasserbehandlung - ebenfalls teilweise kommunal – sowie auf die Erreichbarkeit von Abwärmepotenzialen aus der Wasserstoff-, Synthesegas und Synthesekraftstofferzeugung angewiesen. Die Koordinierung von Standortfragen und Ausbaustrategien obliegt dabei Land¹⁶⁸ und Kommune.
- Speicher
Der Ausbau der Flexibilität als Antwort auf die fluktuierende, nicht am Bedarf orientierte Stromerzeugung und das davon unabhängige, stark saisonale Wärmelastprofil erfordert Speicher auf allen Ebenen. Kurzfristig als Batteriespeicher für die direkte Strombereitstellung und als thermische Speicher für die thermische Stromerzeugung und die Bedienung der Wärmelast im Tages- und Wochenprofil. Auch verbraucherseitig lassen sich durch die Digitalisierung über smarte Tarife wärme- wie auch stromseitig Flexibilitäten einbeziehen. Darüber hinaus verbleibt für eine mittel- bis langfristige Perspektive die saisonale Wärmespeicherung in Aquiferen und ggf. Kiesspeichern sowie die chemische Speicherung durch die Wandlung von Strom in Wasserstoff, synthetische EE-Gasen und synthetische Kraftstoffe. Das Land kann den Speicherausbau koordinieren von der Vorbildwirkung beim Bidirektionalen Laden der E-Mobilität in Liegenschaften von Land und Kommunen über die Bereitstellung von Flächen an strategisch günstigen Knoten von Stromleitungen mit Gas- und Fernwärmeleitungen für Power to X-Anwendungen bis hin zur Unterstützung von kommunalen Leuchttürmen zur saisonalen Wärmespeicherung.
- Versorgungssicherheit bei den Stromerzeugerkapazitäten
Für die Absicherung der Dunkelflaute hinsichtlich der Versorgungssicherheit sind Vorkehrungen zu treffen. Alle über die Kapazitäten der Speicher hinausgehenden Anforderungen¹⁶⁹ müssen durch thermische Kraftwerke bereitgestellt werden, die sich mittel- bis langfristig auf den Einsatz von EE-Gas bzw. Wasserstoff stützen. Brandenburg sollte hierfür gemäß den Szenarien die KWK-gestützte Stromerzeugung ausbauen¹⁷⁰. Das Land Brandenburg stellt

¹⁶⁸ Das Land wirkt an der Netzausbauplanung mit.

¹⁶⁹ Durch die Einführung des bidirektionalen Ladens (Vehicle to Grid - V2G) ergeben sich neue, bedeutende Optionen. Bei derzeit rund 59 Mio. Kfz in Deutschland entstünden - um die Dimensionen zu verdeutlichen - bei Berücksichtigung von 50 kWh mittlerer Speicherkapazität, 50 % mittlerer Ladezustand, 50 % nutzbare Batteriekapazität und 50 % netzgekoppelter Fahrzeuge eine Speicherkapazität von 370 GWh, die ausreichen, um Deutschland derzeit über eine durchgehende Schwachlastzeit von 40 GW 9 Tage allein zu versorgen, bei 80 GW wären es immerhin noch 4,5 Tage.

¹⁷⁰ Die zusätzlichen Emissionen des geplanten Gaskraftwerkes der LEAG 870 MW_{el} in Jänschwalde (LEAG 2022b) sowie ggf. weiterer Gasgroßkraftwerke blieben im Rahmen der Szenarienbildung unberücksichtigt, da sie bis Redaktionsschluss zur Szenarienausarbeitung nicht bekannt waren. Bei einer Umsetzung hätten sie maßgeblichen Einfluss auf die THG-Bilanz für das Jahr 2030.

dabei im Vergleich zu den meisten Bundesländern überproportional viel Landfläche zur Verfügung und exportiert grünen Strom in andere Bundesländer. Im Gegenzug müsste der auf der Bundesebene unbestritten notwendige Ausbau der thermischen Kraftwerke aus Gründen der Effizienz (Nutzung der Abwärme) bundesweit verteilt werden. Dies bedeutet einen Aufwuchs an KWK insbesondere in Zentren mit hohen Wärmedichten unter Ausbau der Fernwärme. Damit verteilt sich auch die Versorgungssicherheit bzw. die Bereitstellung von Systemdienstleistungen bundesweit.

Für den Handlungsschwerpunkt [1-4](#) „Energieeffizienz“ sind hier neben klassischen Einsparmaßnahmen (Beispiel KWK, s. o.) auch die Speicher relevant, die beim Einspeisemanagement eine Abschaltung von Windkraft und Photovoltaik verhindern und damit eine effiziente Nutzung der Ressourcen ermöglichen. Darüber hinaus werden folgende Aspekte für eine strategische Ausrichtung betont:

- **Wasserstoff-Wärme-Kopplung**
Die Nutzung der Abwärme bei der Wasserstofferzeugung erhöht die Effizienz bei der langfristigen Speicherung von Überschussstrom und verringert somit auch den Flächenbedarf einer überwiegend auf Windkraft und Photovoltaik basierenden Stromversorgung. Eine dezentrale Erzeugung und Methanisierung des Wasserstoffs mit Abwärmenutzung sollte daher angestrebt werden.
- **Plasmanalyse und Elektrolyse**
Bei der Nutzung der Plasmanalyse zur Wasserstofferzeugung sinkt der Strombedarf deutlich, da der Wasserstoff in organischen Verbindungen nicht so stark gebunden ist wie in reinem Wasser (siehe auch oben im Abschnitt Abfallwirtschaft). Bei der Abwasser-Plasmanalyse entstehen als Synergieeffekte stark Stickstoff reduziertes Abwasser bzw. Gülle, derzeit noch das wirtschaftliche Hauptargument für den Einsatz dieser Technologie. Bei der Elektrolyse von Wasser entsteht als Synergieeffekt Sauerstoff, der zu einer zusätzlichen Effizienzsteigerung des Klärprozesses beim in der Regel größten kommunalen Stromverbraucher (Klärwerke) eingesetzt werden kann. Bei der Abfall-Plasmanalyse können schwer verwertbare Verbundstoffe wie geschredderte Windmühlenflügel verarbeitet werden (Plagazi 2022; Hydrogeit 2021). Bei der Methanplasmanalyse (Hanke 2020) wird der im Idealfall biogene Kohlenstoff als Feststoff abgetrennt und kann somit bei der Entfernung aus dem Kohlenstoffkreislauf als CO₂-Senke oder als gut transportierbare Kohlenstoffbasis im Kreislaufverbund dienen. Derartige innovative Technologieansätze sollen insbesondere bei Standortentscheidungen von Klärwerken, Biogas- und Abfallbehandlungsanlagen auf die Umsetzbarkeit hin stets geprüft und gefördert werden.
- **Fernwärmenetze**
Größere Fernwärmenetze verknüpfen verschiedene Standorte mit unterschiedlichen, ggf. flexiblen Wärmelastprofilen und eröffnen die Möglichkeit, Abwärme-, Wärmeerzeugungs- und Wärmespeicherpotenziale und -profile gemeinsam zu nutzen. Wegen der vielfältigen anlagenseitigen und energiewirtschaftlichen Optionen der Fernwärmebetreiber und der gebündelten Fachkompetenz kann eine ökologisch und ökonomisch effiziente, optimierte Betriebsführung ermöglicht werden, die an einzelnen Standorten von einzelnen Betreibern in der Regel nicht erreicht werden kann. Es wird daher der weitere Ausbau der Fernwärme empfohlen. Die Rolle des Landes wurde bereits unter dem Spiegelstrich Dekarbonisierung der Fernwärme beschrieben.

Essentiell für die Umsetzung dieser Strategieempfehlungen sind entsprechende Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene, die florierende Geschäftsmodelle in den angesprochenen Be-

reichen ermöglichen müssen. Folgende Themen werden dem Land Brandenburg im Rahmen seiner Mitarbeit im Bundesrat, in weiteren Bund-Länder-Gremien und in der Landesvertretung bei der EU zur Durchsetzung empfohlen:¹⁷¹

1. Bundeseinheitliche Standards zur Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsprozesse einführen und bis dahin alle vorhandenen Spielräume nutzen
2. Bundesnaturschutzgesetz: rechtsichere Regelungen zum EE-Ausbau festlegen
3. Wiederausschreibung ungenutzter und nicht vergebener Kapazitäten nach EEG forcieren
4. Mieterstrom und PPA stärken, Energiegemeinschaften / Energy-Sharing über das öffentliche Netz einführen
5. Dynamische Netznutzungsentgelte und dynamische Abgaben zur Verstärkung dynamischer Preismodelle einführen¹⁷²
6. Zwischenspeicherung von EE-Strom anreizen
7. Netzoptimierende Anreize und Steuerungsmöglichkeiten für den EE-Zubau auf allen Netzebenen schaffen, Regionalstromkonzepte stärken
8. Biomethanproduktion und Netzeinspeisung vor flexibler Biogasverstromung fordern und fördern
9. Grünen Strom definieren und wirksam werden lassen (Zeitgleichheit fordern, Doppelvermarktungsverbot abschaffen)
10. Smarten Speicherbetrieb für Strom, Gas, Fernwärme - unterschiedliche Geschäftsmodelle mit bilanzieller Trennung fossiler und erneuerbarer Energiemärkte ermöglichen
11. Strompreiskompensation stromintensiver Industrie auf EE-Strombezug erweitern und damit verknüpfen
12. CO₂-Schattenpreis zur wirtschaftlichen Verrechnung öffentlicher Investitionen in den Beschaffungsrichtlinien vereinheitlichen
13. Eigenverbrauch bei EEG-Ausschreibungen ermöglichen
14. Priorisierung im Baurecht für den Außenbereich für Zukunftstechnologien, die zum Erreichen der Klimaneutralität notwendig sind¹⁷³

Die Themen 4, 5, 6 und 9 führen insgesamt dazu, dass energiewirtschaftlich wertvollere Ost-West-PV- und Schwachwindanlagen vorteilhafter in größerem Umfang eingesetzt werden können (Hirschl et al. 2022). Eine lastgangbezogene Änderung der EEG-Fördersystematik wie auch der CO₂-Bepreisung mit direktem Bezug zum aktuellen, ggf. sogar regionalen Erzeugungsindex der fluktuierenden erneuerbaren Stromerzeuger oder zum Börsenstrompreis hätte dagegen einen viel

¹⁷¹ Die Themen sind der besseren Adressierbarkeit wegen nummeriert ohne Anspruch auf eine strikte Priorisierung. In der Tendenz stehen jedoch die aus Sicht der Gutachterinnen und Gutachter wichtigeren Themen weiter oben.

¹⁷² Der schwankende Börsenstrompreis macht nur einen Bruchteil der Strombezugskosten aus, die restlichen Kosten sind derzeit fix. Die Erlöse aus Investitionen in Flexibilität steigen bei größerer Amplitude der Bezugskosten.

¹⁷³ PV, Batteriespeicher, Biogas mit Elektrolyseuren und Plasmalyse zur Aufbereitung zu Biomethan, Tiefe Geothermie mit Bohrplatz

direkteren Einfluss auf die Förderung energiewirtschaftlich wertvoller Erzeuger- und Speichersysteme und sollte bei der Weiterentwicklung des Strommarktdesigns berücksichtigt werden.¹⁷⁴

Diese aufgelisteten Themen und Maßnahmen auf übergeordneter Ebene werden im Weiteren nicht weiter ausgeführt, da sich die Maßnahmenempfehlungen auf den aktuellen Handlungsspielraum des Landes konzentrieren.

4.2.2 Maßnahmenempfehlungen

Auf Basis dieser Strategieempfehlungen für das Handlungsfeld haben sich gemäß nachfolgender Tabelle folgende Maßnahmengruppen durch Berücksichtigung aktueller Studien und Debatten herauskristallisiert, die anschließend detaillierter - durch zahlreiche Beiträge und Diskussionen im Rahmen der Stakeholder-Beteiligung geschärft - beschrieben werden.

Tabelle 64: Maßnahmenübersicht im Handlungsfeld 1: Energie- und Wasserstoffwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung.

Nr.	Maßnahmen Kurztitel	K	HS 1	HS 2	HS 3	HS 4
1-1	Freiflächenpotenziale erweitern und deren Nutzung anreizen	X	X	(X)	(X)	
1-2	Freiflächenausbau, Beschleunigung von Planung und Genehmigung ermöglichen	X	X	(X)	(X)	
1-3	Akzeptanz durch mehr Verteilungsgerechtigkeit schaffen	X	X	(X)	(X)	
1-4	Versiegelte Flächen für PV in signifikantem Ausmaß verpflichtend nutzen	X	X	(X)	(X)	
1-5	Dekarbonisierung der Fernwärme fördern	X		(X)	X	X
1-6	Wasserstoff und Synthetische Gase, dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung ausbauen	X		X		X
1-7	Förderung von strombasierten, teilautarken Quartieren mit Inselnetzfähigkeit	X	X	X	X	X
1-8	Umbau thermischer Kraftwerke steuern und unterstützen				X	X

K: betrifft/ adressiert vorrangig Kommunen, HS: Handlungsschwerpunkt, X/(X) direkter/ indirekter Einfluss

In den folgenden Darstellungen werden die Einzelaspekte dieser Maßnahmenbündel beschrieben. Aus dem Beteiligungsprozess wurde beispielsweise der Vorschlag, Kommunen mit Vorbildwirkung zu belohnen, mit aufgenommen und auch Aspekte zu Balkonkraftwerken, Photovoltaik

¹⁷⁴ Mit dem drastischen Anstieg des Gaspreises über das Niveau des Strombezuges hinaus verstärkt sich das Problem zukünftig weiter. Der Stromeigenbedarf wird sich auf die Substitution des Gasverbrauches ausweiten. Es gibt bisher keine Anreize, den Eigenbedarf schwerpunktmäßig auf Zeiten geringerer energiewirtschaftlicher Wertigkeit zu verlagern. Wenn morgens viele Warmwasserspeicher mit dem ersten Sonnenlicht überwiegend elektrisch erwärmt werden, bleibt für die Netzeinspeisung von Prosumern nur noch wenig Reserve übrig.

auf den Dächern der Kleingärtner oder der Brandschutzabstand von PV-Modulen auf dem Dach wurden in den Maßnahmenempfehlungen berücksichtigt. Nicht aufgenommen wurde dagegen beispielsweise die Anregung, Photovoltaik unter Stromtrassen im Wald zu erlauben, weil dies die Wartungsarbeiten behindern kann. Ebenfalls nicht mit aufgenommen wurde die Anregung, Industriebrachen temporär für Freiflächen-PV zu nutzen, weil dies stellenweise bereits seit langem praktiziert wird. Geändert gegenüber im Beteiligungsprozess zur Diskussion gestellten Entwürfen wurde auf mehrfach geäußerte Kritik insbesondere der Vorschlag, die Erfüllung von Vorgaben zu EE-Erzeugermengen zwischen Wind und PV wahlweise freizustellen, da Bedenken geäußert wurden, dass hierdurch die Umsetzung des Windenergieausbaus unterminiert würde.

4.2.2.1 HF 1-1: Freiflächenpotenziale erweitern und deren Nutzung anreizen

Beschreibung

Ziel: Die zukünftige Energieversorgung soll zu einem großen Teil auf Windkraft und Photovoltaik beruhen. Es gilt für eine erfolgreiche Umsetzung, die hierfür notwendigen Flächen zu sichern.

Inhalt

1. Mehrfachnutzungen zulassen und fördern

Durch die Berücksichtigung der Mehrfachnutzung von Flächen bei der Regionalplanung können Flächen- und Netzanschlussressourcen eingespart und Quartierslösungen erleichtert werden, die von einer Kombination verschiedener Erzeugungstechnologien profitieren. Diese Leitidee sollte Eingang in die Genehmigungspraxis finden und bei der zukünftigen Ausweitung von Windeignungsgebieten berücksichtigt werden. Photovoltaik darf dabei nur als nachrangige Zusatzinstallation zulässig sein, um die Windkraft nicht zu verhindern. Das Land soll prüfen, wie Hybridanlagen leichter umgesetzt werden können und dabei gleichzeitig die Akteursvielfalt erhalten bleibt.

2. Wettbewerb für Multinutzungskonzepte schaffen

Die erfolgreiche Umsetzung von komplexen Vorhaben mit PV und Windkraft in der Sektorkopplung mit Mehrfachnutzung der Flächen erfordert das Engagement der Kommunen. Es soll ein jährlicher Wettbewerb ausgeschrieben werden, um im Benchmark durch eine Jury die erfolgreichsten Bewerber mit einem Preis zu belohnen, die der Kommune einen für die Bürgerschaft signifikanten Vorteil verschafft (siehe auch [HF 1-7](#)).

3. Wind im Wirtschaftswald¹⁷⁵ für die Finanzierung des Waldumbaus nutzen

Die Nutzung von Wirtschaftswald für die Aufstellung von Windkraftanlagen sollte in Brandenburg gefördert und forciert sowie der Staatsforst für diese Nutzung im Rahmen der Vorbildwirkung aktiv genutzt und regionalplanerisch umgesetzt werden, um auch diese Flächen konsequent einer Mehrfachnutzung zuführen zu können. Hier gibt es einen Zielkonflikt mit der Schutzbedürftigkeit des Waldes insbesondere in seiner Rolle als CO₂-Senke und dem im Kapitel zum HF Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung angestrebten Umbau zu 100 % in naturnahen Mischwäldern bis 2060, die auch dem Natur- und Artenschutz dienen. In Abwägung der geringen Waldinanspruchnahme von rund 3 % der für WKA genutzten Fläche, der Möglichkeit, den Waldumbau aus den Erlösen der WKA mit zu finanzieren und sowieso geforderten Erstaufforstung als Ersatzmaßnahme für die benötigten Flächen, wird eine weitere Nutzung von Waldflächen unter Berücksichtigung der notwendigen Sensibilität für den Eingriff für unabdingbar gehalten.¹⁷⁶

4. Restbiomasse ausbauen

Der Energieertrag je Flächeneinheit ist bei Wind- und PV-Anlagen signifikant höher als bei der Nutzung von Anbaubiomasse. Die begrenzten Flächenressourcen sollten unter diesem

¹⁷⁵ Unter Wirtschaftswald sollen hier intensiv genutzte Monokulturen in Abgrenzung zu naturnahen Mischwäldern verstanden werden.

¹⁷⁶ In Brandenburg beträgt der leistungsbezogene Anteil der WKA im Wald 16 %, im Jahr 2021 wurde jede vierte neue Anlage im Wald errichtet (Quentin und Tucci 2022).

Aspekt verteilt und gesteuert werden, soweit Land und Kommune hierauf Einfluss haben. Die verstärkte Nutzung von Restbiomasse kann die wegfallenden Mengen aus Anbaubiomasse voraussichtlich größtenteils kompensieren. Dafür ist ein Restbiomassemonitoring zu erstellen und energetische Nutzungskonzepte zu entwickeln (siehe auch [HF 8-7](#)). Hierzu zählt auch die Nutzung von Abwasser (vgl. [Maßnahme 1-6](#)).

5. **Länderöffnungsklausel PV für EEG-Ausschreibungen nutzen**

In der Bundesregierung wird über die Abschaffung der Länderöffnungsklausel nach dem EEG diskutiert. Solange dies noch nicht umgesetzt worden ist, besteht die Möglichkeit, dass das Land Brandenburg Kontingente für die Nutzung von Freiflächen-PV - insbesondere Agri-PV - freigibt, damit Investierende sich an EEG-Ausschreibungen zu Freiflächenanlagen auf benachteiligten Gebieten beteiligen können¹⁷⁷. Hierdurch kann über das EEG auf Landesebene steuernd eingegriffen und damit insbesondere weniger profitable Segmente wie die PV über Intensivkulturen gefördert werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Rechtsetzung, Planung/Planungsverfahren, Genehmigungsverfahren

Rechtsrahmen: Landesrecht

Verantwortlichkeit

MWAE, MLUK, MIL

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig in dieser Legislaturperiode

Laufzeit: jeweils bis Umsetzung (1 Jahr), Ausnahmen b (fortlaufend) und d (zunächst 5 Jahre)

Zielgruppe

Institutionen der Planung und Genehmigung mit Wirkung auf Investierende

THG-Minderung

Die THG-Minderung dieser Maßnahmen lässt sich im Einzelnen nicht bewerten, sie trägt aber über die Realisierung großer Teile der EE-Potenziale weitgehend zur Minderung der Treibhausgasemissionen fast aller Sektoren mit Ausnahme von LULUCF in unterschiedlicher Ausprägung bei.

Nutzen

Direkter Nutzen: Flächenbereitstellung und effiziente Flächennutzung

Indirekter Nutzen: Konfliktminderung und Akzeptanzsteigerung

Aufwand

Direkter Aufwand: 2 VZÄ für 1 Jahr, 0,5 VZÄ jährlich jeweils für 2) und 4) über 5 Jahre, Studie zur Gestaltung des Wettbewerbs unter (2) 200.000 €; Preisgeld 20.000 € /a (2)

Indirekter Aufwand: Die Teilnahme am Wettbewerb durch die Kommunen, Mitarbeit von LNBV

¹⁷⁷ Fast 90 % der landwirtschaftlichen Flächen in Brandenburg zählen zu den benachteiligten Gebieten.

4.2.2.2 HF 1-2: Freiflächenausbau, Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsprozessen ermöglichen

Beschreibung

Ziel: Es soll die Umsetzungsgeschwindigkeit beim EE-Ausbau auf der Freifläche erhöht werden, um die Ausbauziele für Windkraftanlagen und Photovoltaik erreichen zu können.

Das Bundeskabinett hat am 15. Juni 2022 das WindBG beschlossen. Feste Ausbauziele, ggf. heruntergebrochen auf die Regionalen Planungsgemeinschaften, eine Positivplanung für Windvorranggebiete und das Aussetzen der Mindestabstandsregeln bei Nichterfüllung der planerischen Sicherung der beschlossenen Flächenbeitragswerte der Länder sind die wesentlichen Elemente. Für Deutschland sollen so zwei Prozent der deutschen Landesfläche bis 2032 bereitgestellt werden. Konkret für Brandenburg bedeutet dies gemäß Anlage 1 des WindBG die Bereitstellung von 1,8 Prozent der Landesfläche bis Ende 2027 und 2,2 Prozent bis Ende 2032, sofern nicht per Staatsvertrag noch Flächenziele zwischen Bundesländern getauscht werden. Es besteht so die Möglichkeit für das Land Brandenburg, sich im Lastenausgleich den über das Flächenziel von 2,2 Prozent hinausgehenden Ausbau¹⁷⁸ vergüten zu lassen.

Auch die komplexeren Genehmigungsprozesse für Hybridanlagen mit Kombinationen unterschiedlicher Technologien (Wind, PV-Freiflächenanlagen, Speichern, Elektrolyseuren, Plasmaanalyse, Synthesegasherstellung und Tankstellen) oder die Biodiversitätsanforderungen erfordern zusätzliche Fachkompetenz, mehr Personal, vereinfachte Strukturen und angepasstes Fachrecht und Verwaltungsvorschriften. Insbesondere Naturschutz und Biodiversität kann im Spannungsfeld zur Energiewende stehen und schränkt die Akzeptanz teilweise ein. Vorgaben und Regeln helfen, parallele Diskussionen und Debatten zu vermeiden.

Inhalt:

1. Schnellstmögliche Umsetzung des Windenergieflächenbedarfsgesetzes (WindBG, sog. Wind-an-Land-Gesetz)

Das Land Brandenburg muss die benötigten Flächen zur Umsetzung des empfohlenen Szenarios rechtzeitig bereitstellen. Darüber hinaus sollte das Land Staatsverträge abschließen und die rechtliche Grundlage dafür schaffen, dass gemäß Leitszenario mehr als die 2,2 Prozent Landesfläche für die Windkraft bereitgestellt werden kann.

2. Übertreffendes öffentliches Interesse im Landesrecht verankern

Das Land Brandenburg soll das überragende öffentliche Interesse am EE-Ausbau in die landesspezifischen Rechtsstrukturen und Verwaltungsvorschriften übertragen und dort verankern, damit dieses im Rahmen von Abwägungen unterschiedlicher Rechts- bzw. Schutzgüter adäquat berücksichtigt werden kann. Dazu müssen beispielsweise Landesforstrecht, Raumordnungsrecht und Denkmalschutzrecht angepasst werden.

3. Finanzierung der Beschleunigungsaktivitäten

Das Land Brandenburg soll ausreichende Mittel für die regionalen Planungsgemeinschaften bereitstellen, damit die enormen Herausforderungen durch die Reorganisation der Planung zur Sicherung der Ausbauziele gemäß WindBG rechtzeitig bewältigt werden können.¹⁷⁹

4. Betriebsdauererweiterungen bei Genehmigungen von Photovoltaikanlagen prüfen

Genehmigungen von Photovoltaik-Freiflächenanlagen sind oft auf den Zeitraum der EEG-Förderung von 20 Jahren begrenzt. Eine Investition in langlebigere, qualitativ hochwertigere Produkte wird dadurch wirtschaftlich unattraktiver, die Weiternutzung der Anlagen erschwert. Betriebsdauern sollten daher in der Genehmigung im Regelfall auf die zu erwartende Lebensdauer der Anlage ausgelegt werden und eine Verweigerung einer Betriebsdauererweiterung nur in begründeten Einzelfällen möglich sein, um die eingesetzten Ressourcen möglichst nachhaltig nutzen zu können.

¹⁷⁸ 2,5 % nach dem empfohlenen Szenario I, 3 % nach Szenario II.

¹⁷⁹ Bei Nichteinhaltung der gesetzlichen Fristen des WindBG zur Ausweisung der benötigten Flächen würde die Planungshoheit des Landes signifikant beeinträchtigt werden.

5. **Duldungspflicht Anschlussleitungen einführen**
Rechtsstreite und Verhandlungen mit Grundstückseigentümerinnen und -eigentümern können durch eine Duldungspflicht für die Trassenlegung über ein Grundstück zum Anschluss von Freiflächenanlagen verkürzt oder sogar vermieden werden. Eine einheitliche, generelle, klare und bestimmte Regelung, möglichst mit fest definierten Ausgleichszahlungen, wäre hilfreich. Es ist zu prüfen, ob dies im Landes- oder Bundesrecht umgesetzt werden kann.
6. **Betroffenenbeteiligung vorziehen und verkürzen**
Betroffene erfahren oft erst nach der Einreichung des Genehmigungsantrages von einem Vorhaben, obwohl die Projektentwickler bereits seit langem tätig sind. Durch eine vorgezogene Betroffenenbeteiligung können erste Erkenntnisse bereits in den Antrag einfließen und die zweite Phase der Betroffenenbeteiligung und so die Genehmigungsphase insgesamt verkürzt werden. Es soll durch das Land Brandenburg geprüft werden, ob und wie eine vorgezogene erste Betroffenenbeteiligung seitens der Antragsteller als Voraussetzung für die Antragsbearbeitung eingeführt werden kann, damit das Ergebnis der ersten Beteiligung so wie auch andere Unterlagen dem Genehmigungsantrag beigelegt werden kann. Das geltende Genehmigungsrecht für Windenergieanlagen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) sieht bisher keine Betroffenheitsbeteiligung vor, bei anderen Baugenehmigungsverfahren wie beispielsweise für PV-Freiflächenanlagen lässt sich dieser Vorschlag zur Verkürzung der Planungszeit dagegen leichter umsetzen.
7. **Biodiversitäts-PV fordern und fördern**
Abstand der Modulreihen und Höhe der Modultische, Zugänglichkeit für Kleintiere und die Art der Grünpflege z. B. durch Beweidung sowie weitere Aspekte sind wichtige Kriterien, um Freiflächenanlagen für die Förderung der Biodiversität zu nutzen. Hierzu gibt es einen vorläufigen Leitfaden des MLUK (MLUK 2021b), der bereits heute unverbindlich als Grundlage für die Genehmigung von PV-Freiflächen in zahlreichen Kommunen dient. Er ist derzeit in der Überarbeitung und soll stark erweitert werden. Das Land soll hier einheitliche Mindeststandards entwickeln und Anreize setzen sowie hierzu eine Vereinbarung mit den Kommunen anstreben.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Rechtsetzung, Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen: Das Maßnahmenbündel spricht im Wesentlichen den vom Land Brandenburg gestaltbaren Rechtsrahmen an.

Verantwortlichkeit

MWAE, mit MLUK

Fristigkeit

Einführung: Die Umsetzungsfristen sind kritisch für die Energiewende, die Umsetzungen sollten daher alle schnellstmöglich erfolgen.

Laufzeit: Alle Maßnahmen des Bündels sollen langfristig wirken, sind mit der Umsetzung des veränderten Rechtsrahmens aber bis auf Monitoring und ggf. Nachjustierungen abgeschlossen.

Zielgruppe

Institutionen der Planung und Genehmigung mit Wirkung auf Investierende

THG-Minderung

Neben dem Rückgang des Kohlestromexportes und des Exportes von Raffinerieprodukten sind die Maßnahmenbündel Freiflächenpotenziale erweitern ([HF 1-1](#)) und Freiflächenausbau beschleunigen ([HF 1-2](#)) zusammen durch die Bereitstellung von grünem Strom letztlich für alle THG-Minderungen durch Energieträgerwechsel verantwortlich, indirekt inklusive der mit dem Energieträgerwechsel verbundenen Effizienzgewinne und wirken auf alle KSG-Sektoren, die Strom verbrauchen. Indirekte Effekte auf die THG-Emissionen wie z. B. durch die Akzeptanzförderung lassen sich nicht separieren. Der angenommene EE-Stromexport ist ein weiterer Effekt, der zu THG-Minderungen in Regionen außerhalb Brandenburgs führt. Die THG-Minderungen sind damit vom Zeitpunkt der Exporte abhängig, also auch vom Grad der Flexibilität beim Verbrauch und der Pufferspeicherung des Stromes vor dem Export.

Gleichzeitig wirken auch andere Maßnahmen auf der Ebene von Deutschland, der EU oder benachbarter Bundesländer auf die beiden Maßnahmenbündel zurück. Sie ermöglichen beispielsweise erst die sinkenden fossilen Exporte oder die gemeinsame Versorgungssicherheit. Auch diese Effekte lassen sich nicht separieren, sondern wirken gemeinsam auf die THG-Minderung durch die Bereitstellung von als emissionsfrei angenommenen grünen Strom.

Die Beschleunigung des EE-Ausbaus kann die THG-Emissionen nur in dem Umfang mindern, in dem der Ausbau vorgezogen und die fossile Erzeugung vorzeitig abgeschaltet wird. Die Minderung ist damit keine konstante Größe, sondern sinkt spätestens 2045 auf null.

Wenn angenommen wird, dass durch dieses Maßnahmenbündel der Ausbau um 3 Jahre beschleunigt wird, werden bei einer angenommenen jährlichen Zubaurate von 0,33 GW Windkraft und 1,6 GW PV nach Szenario I jährlich rund 6,8 TWh Strom früher bereitgestellt, die zu einer früheren Abschaltung der Braunkohleverstromung führen kann. Solange die Braunkohle noch mit rund 0,9 Mt/TWh Strom erzeugt, schont die hier zusammenwirkenden Maßnahmen das THG-Budget daher um rund 6,1 Mt CO₂e/a.

Diese Einsparungen beim THG-Budget können bis zum Ausstieg aus der Kohleverstromung vollständig dem Handlungsfeld „Energie- und Wasserstoffwirtschaft“ angerechnet werden, anschließend müssten die dann geringeren Einsparungen auf alle stromverbrauchenden Handlungsfelder verteilt werden.

Nutzen

Direkter Nutzen: Rechtsicherheit, Planbarkeit für alle Beteiligten in der Umsetzung, Schonung des CO₂-Budgets durch Beschleunigung des EE-Ausbaus.

Indirekter Nutzen: Klare Strukturen fördern auch die Akzeptanz und heben die Wirtschaftlichkeit von Projekten. Durch den Ausbau der Personalressourcen sichert sich Brandenburg die Steuerungsmöglichkeiten des EE-Ausbaus.

Aufwand

Direkter Aufwand: Ein gemeinsamer Aufwand für alle Teilaspekte lässt sich nur schwer abschätzen, er beschränkt sich aber auf den Personalaufwand für die Diskussion und Umsetzung. Zur Unterstützung des Bestandspersonals wird hier ein Bedarf von 10 VZÄ zusätzlich abgeschätzt. Für notwendige Gutachten wird ein Aufwand von 500.000 € abgeschätzt.

Indirekter Aufwand: Sollten die Prüfungen positiv ausfallen, entsteht ein weiterer Aufwand bei der Umsetzung. Erhöhter Aufwand für Antragssteller bei der Öffentlichkeitsbeteiligung.

4.2.2.3 HF 1-3: Akzeptanz durch mehr Nutzen vor Ort schaffen

Beschreibung

Ziel: Insbesondere die Akzeptanz vor Ort ist zu erhalten bzw. durch verschiedene Maßnahmen aktiv zu befördern, damit die erforderlichen EE-Ausbauziele auch erreicht werden können.

Inhalt

1. Einführung einer Sonderabgabe auch für die PV-FFA

Die empfundene Verteilungsgerechtigkeit ist ein wichtiges Maß für die Akzeptanz des EE-Ausbaus. Hierzu zählen neben der räumlichen Verteilung der Lasten auch der finanzielle Nutzen. Zu letzterem zählen neben der finanziellen Wertschöpfung vor Ort auch die Beteiligungsmöglichkeit der Bürgerschaft, die keine Flächeneigner und auch nicht an der Wertschöpfung beteiligt sind. Insgesamt erscheint eine kommunale, gemeinwohlorientierte Teilhabe hinsichtlich der Akzeptanz zielführender als eine private Teilhabe, im Sinne der Finanzierbarkeit sind Mischformen sinnvoll. Das Land soll hier auf Landesebene eine Gesetzesinitiative starten, um eine Sonderabgabe analog zum Windenergieanlagenabgabengesetz auch für PV-Freiflächenanlagen einzuführen. Die Sonderabgaben sollen sich am Marktwert der jährlichen Einspeisung orientieren, um den Anreiz nicht durch Zinseffekte oder steigende Anlagengröße zu marginalisieren. Dabei ist ein bundesweiter Abgleich anzustreben, um eine Konkurrenz zwischen den Ländern einzugrenzen und wettbewerbliche Nachteile im EEG-Ausschreibungsregime zu verhindern¹⁸⁰. Die mit dem EEG 2023 neu eingeführte Soll-Bestimmung zur finanziellen Beteiligung der Gemeinden an Windanlagen und PV-FFA in Höhe von 0,2 Cent pro kWh ist nicht verbindlich und nicht ausreichend. Es soll dabei ein gerechter Verteilungsschlüssel beachtet werden, wenn die Anlagen im Einflussbereich mehrerer Kommunen stehen, um eine Neiddebatte zu vermeiden. Zusätzlich soll die Möglichkeit einer finanziellen Projektbeteiligung für Anlieger und Kommune geschaffen werden (siehe [HF 8-6](#)).

2. Beratung und Förderung zu Bürgerinnen- und Bürgerbeteiligungen und Energiegemeinschaften

Das Land soll neben einer eigenen Gesetzesinitiative für höhere Beteiligungsmöglichkeiten auch beratend unterstützen und aufklären, um der Bürgerschaft ihre Optionen, insbesondere auch zu der zu erwartenden Umsetzung der Energiegemeinschaften in deutsches Recht, aufzuzeigen. Sollte auf Bundesebene keine adäquate Förderung für die Initiierung von Bürgerenergieunternehmen zeitnah aufgesetzt werden, sollte das Land hier vorangehen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Rechtsetzung, Information/Beratung/Vernetzung, Förderung

Rechtsrahmen: Landesgesetzgebung

Verantwortlichkeit

MWAE

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig

Laufzeit: Beratung andauernd

Zielgruppe

Bürgerschaft und Kommune

THG-Minderung

Hohe indirekte Wirkung

¹⁸⁰ Wenn in anderen Bundesländern keine Sonderabgabe erhoben wird, verbilligen sich deren Angebotskosten in den Ausschreibungen und benachteiligen Brandenburger Wettbewerber. Es ist vom Land Brandenburg anzustreben, hier über den Bund-Länder-Kooperationsausschuss eine bundesweit einheitliche Regelung zu finden analog zum § 6 EEG.

Nutzen

Direkter Nutzen: Förderung der Akzeptanz vor Ort, ökonomischer Nutzen Bürgerinnen und Bürger und Kommune

Indirekter Nutzen: Verbesserung des Wohnumfeldes durch kommunale Teilhabe

Aufwand

Direkter Aufwand: 1) 1 VZÄ, 2) über Energieagentur BB-Aufgaben abgedeckt

4.2.2.4 HF 1-4: Versiegelte Flächen in signifikantem Ausmaß verpflichtend für PV nutzen

Beschreibung

Ziel: Belastung der Freiflächen reduzieren, geeignete versiegelte Flächen verstärkt zur Energiegewinnung nutzen.

Inhalt:

1. Solarpflichten einführen, insbesondere für Neubau und Gewerbe

Mit einer Solarpflicht bei der Sanierung von Dachflächen, aber auch bei Neubauten bis hin zu überdachten Parkplätzen kann verhindert werden, dass sich das Fenster einer kostengünstigen Einbeziehung von Photovoltaikanlagen im Rahmen von Sowieso-Baumaßnahmen wieder ungenutzt für Jahrzehnte schließt. Es wird daher empfohlen, die Investierenden über eine Solarpflicht dazu zu zwingen, sich mit dem Thema Solarausbau zu beschäftigen.

Solarpflichten gibt es bereits in einigen Bundesländern, in den meisten Bundesländern ist sie in der Umsetzung. Die Bundesregierung will laut Koalitionsvertrag eine Solarpflicht einführen. Auch die EU plant eine Solarpflicht für öffentliche und gewerblichen Gebäuden bis 2025 und für Wohngebäude bis 2029 (Santos 2022). Art und Umfang und der Zeitpunkt der Pflichten variieren jedoch sehr stark, die Berliner Solarpflicht greift beispielsweise bereits ab Anfang 2023.

Mit Beschluss des Landtages vom 18. Mai 2022 wurde bereits festgelegt: „Bestandteil einer Ausbauoffensive von Photovoltaik oder Solarthermie soll die Verpflichtung zur Installation zunächst auf geeigneten öffentlichen und gewerblichen Gebäuden sowie Parkplätzen sein.“

Es wird empfohlen, diesen Beschluss rasch umzusetzen, um der Vorreiterrolle des Landes gerecht zu werden (vgl. [HF 8-1](#) und [8-2](#)). Eigene Akzente können beispielsweise gesetzt werden durch die Etablierung von ehrgeizigen Kennzahlen zum verpflichtenden PV-Ausbau als spezifische Leistung je Gebäudegrundfläche getrennt für Neubau und Bestand, Wohngebäuden, NWG und Stellplatz. Es wird darauf ankommen, das Wort „geeignet“ und eine Malus-Regelung präzise zu definieren, um Schlupflöcher zu schließen.

2. Netzanschluss sicherstellen

Fehlende Netzanschlusskapazitäten können die Umsetzung eines Projektes gefährden. Das Land soll hier eine Anlaufstelle schaffen, an die sich Betroffene wenden können, damit der Netzausbau mit Nachdruck koordiniert werden kann. Insbesondere müssen für versiegelte Flächen Netzkapazitäten erhalten werden und dürfen nicht vollständig durch Freiflächenanlagen blockiert werden, damit der EE-Ausbau zusammen mit den Sowieso-Baumaßnahmen umgesetzt werden kann und nicht langfristig verschoben werden muss. Es soll nach Wegen gesucht werden, eine temporär reduzierte Einspeiseleistung bis zum Netzausbau zu minimieren und die Last gerechter auf alle Nutzende hinter einem Netzengpass zu verteilen.

3. Vorbild bei öffentlichen Gebäuden und Anlagen

Land, Kommunen und Gemeinden sollten hier als Vorbild dienen und keine Gelegenheit für Demonstrationsvorhaben - insbesondere auch im Bereich des Denkmalschutzes¹⁸¹ - ungenutzt lassen, um die Gesellschaft auf dem Weg in die Energiewende mitzunehmen.

Für die Finanzierung bieten sich hier Intractingmodelle an, damit die Investitionskosten mit

¹⁸¹ Photovoltaik, hochwertige energetische Sanierung, Leitfäden erstellen.

den zukünftigen Erlösen gegengerechnet werden können, ohne gegen die Gesetze der Kameralistik zu verstoßen. Hierbei sollten auch der Eigenverbrauch und die eigene Ladeinfrastruktur mitberücksichtigt werden, sofern diese wirtschaftliche Vorteile erwarten lassen. Alternativ wäre auch die Einspeisung in einen gemeinsamen kommunalen oder landesweiten Bilanzkreis denkbar, wodurch ein gemeinsamer Stromeinkauf aus zunehmend erneuerbaren Quellen für alle Liegenschaften des Landes unter Ausnutzung der eigenen Stromerzeugung im Sinne einer landesweiten Energiegemeinschaft umsetzbar wäre.

Es wird empfohlen, eine Machbarkeitsstudie zur Finanzierung der Vorbildwirkung zu beauftragen, die Intracting und Rückspeisung in den gemeinsamen Bilanzkreis gegenüberstellen und dabei alle steuerlichen und sonstigen Umsetzungsaspekte detailliert beleuchtet.

4. Rechte zur Errichtung von Solaranlagen auf Gebäuden erweitern

Es soll geprüft werden, ob ein abgesichertes Recht zur Anbringung von Balkonkraftwerken in Mietwohnungen und zur Errichtung von Photovoltaikanlagen in Kleingartenkolonien auf am Stromnetz angeschlossenen Gebäuden geschaffen werden kann.

Der Brandschutz schreibt bisher in Brandenburg laut Landesbauordnung auf Dächern einen Mindestabstand von 1,25 m zu Brandwänden und von Wänden, die anstelle von Brandwänden zulässig sind, vor. Aufgrund der weiteren technischen Entwicklung und der dahingehenden nochmaligen Bewertung der geltenden bauordnungsrechtlichen Regelungen wurde aktuell eine Änderung der Muster-Bauordnung (MBO) erarbeitet, die ein abgemindertes Maß von 0,5 m als Mindestabstand im § 32 Abs. 5 vorsieht. Das Land Brandenburg sollte weiterhin daran festhalten, die Regelungen der MBO ins Landesrecht zu überführen. Hierdurch würde sich die nutzbare Dachfläche bei Reihenhäusern und Blockbebauungen signifikant erhöhen.

5. Erleichterungen für Kleinwindkraftanlagen

Kleinwindkraftanlagen können für den Autarkiegrad insbesondere in Verbindung mit Photovoltaik eine wichtige Rolle spielen. Sie werden bisher in Brandenburg großen Windkraftanlagen vom Genehmigungsverfahren her gleichgestellt, sofern sie höher als 10 m gemessen von der Geländeoberfläche sind oder einen Rotordurchmesser größer als 3 m besitzen, ansonsten sind sie nach BbgBO § 61 Abs. 1 Nr. 3c genehmigungsfrei (ausgenommen reine Wohngebiete). Die damit verbundenen Energieerträge genehmigungsfreier Anlagen liegen in der Regel in der Größenordnung einer 1 kW Photovoltaikanlage. Außerhalb der Genehmigungsfreiheit ist die Durchführung des Genehmigungsverfahrens für kleinere Anlagen wirtschaftlich oft nicht umsetzbar. Daher soll das Land prüfen, ob ein wirtschaftlich vertretbares, kostengünstigeres Genehmigungsverfahren für größere Kleinwindanlagen in festgesetzten Gewerbe- und Industriegebieten sowie bei landwirtschaftlichen Betrieben im Außenbereich eingeführt werden kann.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Rechtsetzung; Förderung/Finanzierungsinstrumente

Rechtsrahmen: Landesrecht

Verantwortlichkeit

MWAE

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig

Laufzeit: 1 Jahr

Zielgruppe

Institutionen der Planung und Genehmigung mit Wirkung auf Investierende, Land und Kommunen

THG-Minderung

Nicht zu bewerten

Nutzen

Direkter Nutzen: versiegelte Flächen werden genutzt

Indirekter Nutzen: Vorbildwirkung motiviert Bürgerschaft

Aufwand

Direkter Aufwand: Umsetzung landesspezifischer Solarpflichten 1 VZÄ, Studie Finanzierung 200.000 €

Indirekter Aufwand: Politische Debatten und Beratung

4.2.2.5 HF 1-5: Dekarbonisierung der Fernwärme fördern

Beschreibung

Ziel: Bis spätestens 2045 einen klimaneutralen Kraftwerkspark errichten, Fernwärme als zentralen Baustein der Wärmewende nutzen und ausbauen. Das Ziel wird überschneidend auch im HF Wärmewende, Bauen und Wohnen beschrieben, hier wird jedoch mehr der Blickwinkel der Erzeugung und der Technik beschrieben.

Inhalt

1. **Kommunale Wärmeplanung mit Dekarbonisierungs- und Transformationsplanung forcieren**
Für die strategische Ausrichtung auf dem Weg in die Energiewende sind die Erhebung von Planungsdaten und eine konzeptionelle Vision von herausragender Bedeutung: Wo erlaubt die Energiedichte einen Ausbau der Fernwärme, wo sind Geothermieanlagen umsetzbar, welche Varianten bieten sich in Wasserschutzgebieten an, wo ist der Erhalt oder sogar Ausbau des Gasnetzes zur Erschließung dezentraler Gas-Prosumer wie z. B. Klär- und Biogasanlagen notwendig? Wie kann in der Transformationsplanung eine Fernwärmeversorgung Überschussstrom, Umwelt- und Abwärme nutzen und wie und wann erreicht die Fernwärme den in der geplanten Novelle des GEG 2023 geforderten EE-Anteil von 65 %, damit der Ausbau der Fernwärme weiter gesichert voranschreiten kann? Das BMWK plant hier eine verpflichtende Datenerhebung per Gesetz. Es wird empfohlen diese Fragen unabhängig von der geplanten Verpflichtung bis auf die Gemeindeebene grundsätzlich, wenn auch im Vergleich zur verpflichtenden Bearbeitung mit geringerer Granularität zu beantworten und die Bearbeitung durch Förderung zu unterstützen. Im Detail werden die Schritte im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen beschrieben und mit Kosten bewertet (siehe [HF 3](#)).
2. **Wärmequellenkataster einführen, Abwärmenutzung bei Industrieansiedlungen berücksichtigen**
Neben den Wärmeverbrauchskatastern, die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung entstehen, sollen in größeren Gemeinden und Städten mit relevanten Wärmequellen aus Gewerbegebieten oder Kläranlagen deren Abwärmepotenziale systematisch erfasst und kartiert werden, damit diese Erkenntnisse in die kommunale Wärmeplanung einfließen können. Insbesondere Abwasser- und Abfallbehandlungsanlagen stellen lokale Wärmequellen dar, die es zu nutzen gilt. Durch den Einsatz von Elektrolyse und Plasmalyse entstehen zukünftig weitere Abwärmepotenziale, die für die Fernwärmeversorgung eine große strategische Bedeutung haben können.
Neben den Abwärmequellen sollen dort auch natürliche Wärmequellenpotenziale wie Fluss- und Seewasser erfasst werden, insbesondere an den ehemaligen Tagebauseen. Relevant sind hierbei Wärmequellenpotenziale, sobald sie eine Gruppe von Gebäuden maßgeblich mit Wärme versorgen können. Die Erkenntnisse aus der kommunalen Wärmeplanung bezüglich des Wärmebedarfs und der im Kataster ausgewiesenen nutzbarer Wärmequellen sollen bei der Standortfindung für weitere Gewerbe- und Industrieansiedlungen Berücksichtigung finden. Im Detail werden die Schritte im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen beschrieben und mit Kosten bewertet (siehe [HF 3](#)).
3. **Absenkung der Netztemperaturen, kalte Fernwärme fördern**
Im Rahmen der Transformationsplanung der Fernwärme ist die Absenkung der Fernwärme-Netztemperaturen ein wichtiges Element, um die identifizierten Wärmequellen wie auch KWK, Solarthermie und Geothermie effizient einbinden und nutzen zu können.

Die Förderung der Transformationsplanung sollte daher an einen verpflichtenden Fahrplan zur Absenkung der Netztemperaturen gebunden werden, der auch in die Technischen Anschlussbedingungen (TAB) übernommen werden soll, damit sich die Verbraucher und Verbraucherinnen mit ihrer Haustechnik langfristig darauf einstellen können. Eine besondere Beachtung und Förderung sollte hierbei bei Neubauprojekten die kalte Fernwärme finden, bei der das Temperaturniveau so weit abgesenkt wird, dass es gleichzeitig als Wärmequelle und Kühlmittel dienen kann, um Wärme zwischen verschiedenen Gebäuden und Verbrauchern verschieben zu können, die parallel heizen und kühlen wollen. Die BEW-Förderung hat für Bestandsnetze keine Anforderungen an die aktuellen Netztemperaturen¹⁸² und sieht für Neubaunetze lediglich 95°C als zulässige Obergrenze vor. Das Land kann Niedertemperaturnetze fördern bzw. Förderungen so lenken, dass beim Neubau oder der Sanierung kommunaler Verbraucher auf Basis der Vorbildwirkung eine maximale Vorlauftemperatur von beispielsweise 50°C umgesetzt wird¹⁸³ und die Zustimmungen zu Netzneubauten an die Umsetzung von Niedertemperaturnetzen in Zusammenhang mit den kommunalen Transformationsplänen gekoppelt wird (siehe auch [HF 3-7](#)).

4. **Genehmigungsbeschleunigung bei Wasserschutz- und Bergbaubehörde ermöglichen**

Das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) und die Wasserwirtschaft (LfU als obere Wasserbehörde, Wasserwirtschaftsamt, untere Wasserbehörden) sollen personell und von der finanziellen Ausstattung her aufgestockt werden, um den Anforderungen an einen beschleunigten Genehmigungsablauf gerecht zu werden. Hierfür wird vorgeschlagen, dass das Land Brandenburg die Grenze für das Bergrecht im Landesrecht auf 400 m verschiebt, um die Genehmigung der oberflächennahen Geothermie zu vereinfachen und in einer Genehmigungsbehörde zu bündeln.¹⁸⁴ Das LBGR kann sich hierdurch auf die Tiefe und Mitteltiefe Geothermie konzentrieren. Gleichzeitig wird hierdurch eine rechtlich unabhängige Nutzung der oberflächennahen Geothermie von der mitteltiefen und tiefen Geothermie ermöglicht. Bohrrechte sollen bis zur Grenze des Bergrechtes ohne Zustimmung der Nachbarn ermöglicht werden, sofern ein im Nachbarschaftsrecht festzulegender Mindestabstand gewährleistet ist. Es sollen kurze Verfahrensfristen für die Erstellung des bergrechtlichen Betriebsplans festgelegt werden. Gleichzeitig soll die Wasserwirtschaft rechtzeitig personell angemessen aufgestockt werden, um die zu erwartende Antragsflut bewältigen zu können und um vorbereitend die notwendige Expertise bei den neuen Mitarbeitern aufbauen zu können. Es soll eine einheitliche Weiterbildung mit regelmäßigen Treffen zur Qualifizierung und zum Informationsaustausch mit Behörden, Planenden, Nutzenden und Ausführenden (z. B. Brunnenbohrern) organisiert werden, um den Praxisbezug zu erhalten und um in diesem Rahmen für die Öffentlichkeitsarbeit Leitfäden zu erstellen und zu überarbeiten. Es wird empfohlen, den Geothermieatlas von Brandenburg zumindest mit Berlin, ggf. mit weiteren angrenzenden Ländern mit vollständiger Integration aller Daten gemäß Geologie-Datengesetz und einem Grobplanungstool zur Angabe von Planungsschritten und

¹⁸² Für 2045 muss eine Überschreitung von 95°C begründet werden.

¹⁸³ 50°C Vorlauftemperatur wird derzeit in Potsdam Krampnitz umgesetzt inklusive der Versorgung denkmalgeschützter Bestandsgebäude.

¹⁸⁴ Immer mehr Bundesländer schränken deshalb den Anwendungsbereich des Bundesberggesetzes ein, indem sie als Erdwärme i. S. d. Bergrechts entweder nur direkt, also ohne Wärmepumpen nutzbare Wärme ansehen, wie sie mit tiefengeothermischen Anlagen gewonnen werden kann (so Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Hamburg) oder lehnen die bergrechtliche Relevanz ab, wenn die Wärmeleistung der Wärmepumpe unter 200 kW liegt (Bayern, Rheinland-Pfalz) (Bundesverband Geothermie e.V. 2021).

Schätzkosten zu konsolidieren, um Planenden und der Bürgerschaft die einheitliche Informationseinholung über Bundesländergrenzen hinweg zu erleichtern und gleichzeitig bei der Bereitstellung Effizienzgewinne zu erzielen.

5. Mobile Notheizkessel bereitstellen

Beim Ausfall einer Heizung bleibt oft keine Zeit, Alternativen zu prüfen und auf die Errichtung einer neuen Installation zu warten. Für solche Notfälle kann das Land temporäre mobile Heizungen vermitteln oder zur Verfügung stellen, die gefördert werden, sofern die neue Wärmeversorgung anschließend kompatibel zur Energiewende ist und beispielsweise den geplanten 65 % EE-Anteil bei der Wärmeversorgung einhält. Die Aktion sollte durch eine Beratung begleitet werden und soll verhindern, dass nur repariert statt verändert wird.

6. Frischholzanteil begrenzen

Holz zählt immer noch zu den emissionsfreien bzw. emissionsarmen Energieträgern¹⁸⁵, obwohl es Jahrzehnte dauert, bis es nachwächst und die Emissionen wieder bindet, die bei der Verbrennung sofort frei werden. Abgesehen von den mit der Ernte und der Logistik verbundenen Emissionen ist im Rahmen des CO₂-Budgets die Zeitspanne zu lang, um durch den Einsatz von Frischholz als Energieträger dämpfend auf den Klimawandel zu wirken, sofern das CO₂ nicht aufgefangen wird. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, diesen Gedanken im Rahmen der Energieberatung (z. B. Energieagentur), der Förderpolitik sowie insbesondere auch hinsichtlich der Vorbildwirkung kommunaler Gebäude im Hinblick auf den Einsatz von Holzhackschnitzeln und Pellets zu berücksichtigen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Rechtsetzung, Information/Beratung/Vernetzung, Aus-Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen, Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente

Rechtsrahmen: Landesrecht

Verantwortlichkeit

MWAE, MIL, MLUK

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig

Laufzeit: überwiegend andauernd

Zielgruppe

Kommunen (1, 2, 3, 5, 6, 7), Energieversorger (1, 2, 3), Planenden und Installateure (1, 2, 3, 4, 5), Private Betreiber und Unternehmen (5, 6, 7)

THG-Minderung

Nicht einzeln zu bewerten

Nutzen

Direkter Nutzen: Durch die kommunale Wärmeplanung und die Transformationsplanung entsteht ein Fahrplan zur Sicherstellung der Zielerreichung. Die Frischholzvermeidung antizipiert die aktuelle Diskussion. Erleichterungen bei der oberflächennahen Geothermie und die Absicherung der Havarie bei der Wärmeerzeugung beschleunigen die Umsetzung der Wärmewende.

Indirekter Nutzen: Transparenz schafft Akzeptanz, begrenzte Biomasse wird geschont.

Aufwand

Direkter Aufwand: 1-3 werden im Handlungsfeld Gebäude bewertet, Rest 2 VZÄ, Bedarf Notheizkessel muss erst ermittelt werden, Förderung kalte Fernwärme nach verfügbaren Landesmitteln.

¹⁸⁵ Das Amt für Statistik bewertet Biomasse bei der Berechnung der CO₂-Bilanz als emissionsfrei, das GEG bewertet Holz mit 20 g CO₂/kWh bzw. mit einem Primärenergiefaktor von 0,2, vgl. auch RED III Methodik (Hennenberg 2022).

4.2.2.6 HF 1-6: Wasserstoff und Synthetische Gase, dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung ausbauen

Beschreibung

Ziel: Fossile Energieträger substituieren, Infrastrukturen für grüne Brennstoffe entwickeln und aufbauen. Die dargestellten Maßnahmen sind sowohl Exzerpt der Brandenburger Wasserstoffstrategie mit seinen 62 vorgeschlagenen Maßnahmen (MWAE 2021a) als auch Ergänzung mit intersektoralem Blick.

Inhalt:

1. Wasserstoffnetze und -infrastruktur – insbesondere Kavernenspeicher – fördern und ausbauen

Die Anbindung an den europäischen Wasserstoff-Backbone und die Anbindung an die Brandenburgischen Großverbraucher sind für die Energiewende von herausragender Bedeutung. Das Land Brandenburg hat in seiner Wasserstoffstrategie bereits Allianzen auch mit Berlin geknüpft, was zukunftsweisend ist und fortgeführt und vertieft werden sollte, damit die Entwicklung hin zur Wasserstoffwirtschaft abgesichert werden kann. Es ist zu prüfen, ob in Brandenburg neben dem Standort Rüdersdorf weitere Kavernenspeicher zur Zwischenspeicherung des Wasserstoffs erstellt werden können. Das Land Brandenburg soll hier zukünftige Betreibende und Investierende beim Ausbau dieser strategisch wichtigen Speicher unterstützen. Weiterhin soll das Land die bestehenden Energiestandorte Jänschwalde¹⁸⁶ sowie ggf. weitere Standorte für neue Gaskraftwerke durch eine H₂-Ready-Anbindung zukunftsfähig machen, um die bestehende Infrastruktur weiter nutzen zu können. Der Infrastrukturausbau ist durch Studien und Förderungen zu begleiten.

2. Dezentrale H₂-Erzeugung erweitern, Aufarbeitung des biogenen Rest-CO₂ zu Biome- than

Das Gas aus Fermentern der Biogasanlagen und aus Faultürmen der Klärwerke beinhaltet substratabhängig rund 45 % biogenes CO₂, das heutzutage nach der direkten Verstromung des Gases in der Regel ungenutzt in die Atmosphäre entweicht. Es kann mit vor Ort erzeugtem grünem Wasserstoff unter Ausnutzung von grünem Strom zu grünem Methan umgewandelt und als Biomethan bzw. synthetisches Methan im Gasnetz effizient und langfristig saisonal gespeichert werden¹⁸⁷. Hierbei wird die Flexibilität für die Rückverstromung enorm gesteigert. Auch beim Verzicht auf die Netzeinspeisung, beispielsweise wegen einer fehlenden Netzanbindung, kann so vor Ort der Energieinhalt eines wegen der Flexibilitätsanforderungen größer dimensionierten Gasspeichers signifikant erhöht werden. Beide Wege dienen dazu, im Energiemanagement Überschussstrom zu speichern, statt ihn abregeln zu müssen. Das Land Brandenburg kann hier durch die Bereitstellung von Informationsmaterialien oder Veranstaltungen aufklären, die Bereitstellung der Infrastrukturen und die Umsetzung fördern, insbesondere hinsichtlich der Umsetzung von Leuchttürmen bei der kommunalen Abwasserbehandlung.

3. Plasmalyse zur Wasserstofferzeugung an Standorten der Abwasser- und Abfallbe- handlung fördern

Die Erzeugung von grünem Wasserstoff über die Plasmalyse kann 60 – 80 % energieeffizienter erfolgen im Vergleich zur Elektrolyse reinen Wassers¹⁸⁸. Grund hierfür ist eine lockerere

¹⁸⁶ Das Vorhaben der LEAG, dort am Standort Jänschwalde ein großes neues Gaskraftwerk zu bauen, wurde erst nach Abschluss der Szenarienbearbeitung bekannt und blieb deshalb unberücksichtigt.

¹⁸⁷ Biomethan hat im Vergleich zu Wasserstoff die dreifache volumetrische Energiedichte. Damit lässt sich im Kavernenspeicher bei gleichem Druck die dreifache Energiemenge aus Überschussstrom speichern im Vergleich zur Nutzung der gleichen Kaverne als Wasserstoffspeicher.

¹⁸⁸ Für die Erzeugung von grünem Wasserstoff aus der Elektrolyse werden 50 kWh Strom je kg H₂ benötigt, für grauen Wasserstoff dagegen nur 9 kWh Wärme, was die Kosten bestimmt. Bei dieser Dampfreaktion von Erdgas entweichen rund 9 kg CO₂ je kg H₂. Wasserstoff lässt sich aber auch anders herstellen, z. B. aus der Biomethan-Plasmalyse, bei der der Kohlenstoff als Feststoff ausfällt und bei der für die Wasserstoffproduktion nur 10 kWh grüner Strom je kg H₂ zuzüglich Energie für Hilfsaggregate benötigt wird. Der Biokohlenstoff kann dann als technische Kohlenstoffsenke dienen, es werden rund 11 kg Kohlenstoff je erzeugtem kg H₂ abgeschieden (Hanke 2020). Auch Abwasser kann als Wasserstoffquelle dienen und spart zugleich eine zusätzliche Wasserquelle. Wie beim Biomethan

Bindung des Wasserstoffmoleküls an organischen Verbindungen im Vergleich zur festen Bindung an den Sauerstoff des Wassers. Dabei können auch technische CO₂-Senken realisiert werden. Mit der Plasmalyse lässt sich daher aus heimischer EE-Stromerzeugung deutlich mehr EE-Gas erzeugen, sie hilft, die Abhängigkeit von Wasserstoffimporten zu verringern. Daher sollen diese Plasmalysekonzepte im kommunalen Umfeld zukünftig bei der Planung berücksichtigt werden, sie sparen grünen Strom, benötigen weniger Freifläche zur Erzeugung dieses Stromes und eröffnen neue Wege für Kohlenstoffkreisläufe. Wegen des kontinuierlichen Klärungsprozesses kann derzeit in der Regel nicht ausschließlich grüner Strom eingesetzt werden. Der über die Abwasserplasmalyse erzeugte Wasserstoff ist damit - je nach Bewertung als Haupt- oder Nebenprodukt - nicht mehr uneingeschränkt dunkelgrün.

Die Kommunen als Träger der Abwasserbehandlung sollen die Investitionspläne der Abwasserunternehmen überprüfen, um die Abwasserplasmalyse zur verstärkten Gaseigenerzeugung schnellstmöglich einführen zu können. Dem Land Brandenburg fällt hier die Rolle zu, die notwendigen Informationen bereitzustellen und die Aufgabe an die Kommunen zu delegieren.

Eine weitere Option ist der Einsatz der Plasmalyse in der Abfallbehandlung, wie sie derzeit für den Standort Premnitz geplant ist, um geschredderte Flügel alter Windenergieanlagen zu recyceln. Dabei entstehen unter dem Einsatz von Strom u. a. ebenfalls Wasserstoff und Methan. Da die Abfallbehandlung in der Regel privatwirtschaftlich organisiert ist, verbleibt dem Land hier nur die Möglichkeit, diese innovative Abfallbehandlung bekanntzumachen und zu fördern, damit sie für andere Standorte kopiert werden kann.

4. Biomethan Netzeinspeisung fördern

Durch die Aufbereitung von Biogas zu Biomethan aus den Bio- oder Faulgasprozessen steht ein erneuerbarer Energieträger zur Verfügung, der im bestehenden Gasnetz langfristig gespeichert werden kann. Die Gasnetzanbindung von Klär- und Biogasanlagen soll daher unterstützt werden. Da die Biogasanlagen in der Regel ebenfalls privatwirtschaftlich organisiert sind, verbleibt dem Land hier nur die Möglichkeit, diese innovative Technik bekanntzumachen und zu fördern. Bei den Abwasserbehandlungsanlagen ist der kommunale Einfluss dagegen größer, die Netzanbindung existiert häufig, es gilt lediglich, die Netzeinspeisung zu organisieren.

5. Kohlenstoffkreisläufe und technische Kohlenstoffsenken fördern und fördern

Die Methanisierung von Wasserstoff zum Transport von Kohlenstoff hat technische Vorteile: Synthetisches EE-Gas lässt sich dezentral erzeugen und ohne eine zentrale Wasserstoffpipeline im bestehenden Gasnetz speichern, sofern der Netzanschluss an das bestehende Gasnetz bereitgestellt werden kann. Durch die Aufbereitung von biogenem CO₂ kann der notwendige Kohlenstoff für die Methanisierung effizienter als mit DAC¹⁸⁹ dezentral gewonnen und genutzt werden. Ob biogen oder aus Abwasser und Abfall stammend kann er vor der Verbrennung des Methans mittels Methanplasmalyse wieder entfernt werden und als Feststoff, das sogenannte Carbon Black, erneut als Rohstoff eingesetzt oder als CO₂-Senke endgelagert werden. Er wird damit mehrfach genutzt, Kohlenstoffkreisläufe können so geschlossen oder zumindest stark verlängert werden. Es wäre auch denkbar, das Carbon Black an Orte zu transportieren, an denen nicht genügend Kohlenstoff zur Methanisierung vorhanden ist. Ob sich diese Vision oder das derzeit vom Gasnetzbetreiber Open Grid Europe favorisierte CO₂-Gaspipelinennetz durchsetzen wird, nach dem das CO₂ zentraler Verbraucher gesammelt, zu den Häfen transportiert und an ehemaligen fossilen Lagerstätten in den Untergrund verpresst wird, wird die Zukunft zeigen. Beide Ansätze verdienen Beachtung. Das Land Brandenburg kann die Methanplasmalyse fördern, indem diese Heiztechnologie im Rahmen der Vorbildfunktion für öffentliche Liegenschaften zukünftig regelmäßig eingesetzt wird, so wie es im Hotel Moa in Berlin bereits beispielhaft vorgemacht worden ist (Solarserver 2020).

ist der Wasserstoff in den organischen Verbindungen nicht so stark gebunden wie im reinen Wasser, so dass nur rund 20 kWh Strom je kg H₂ benötigt werden. Das sind immerhin 60 % weniger als bei der Elektrolyse mit dem Nebeneffekt der Reinigung des Abwassers. Wird als Substrat Gülle genutzt, kann auf diese Weise das Nitrat entfernt werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Information/Beratung/Vernetzung, Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben

Rechtsrahmen: Landesrecht

Verantwortlichkeit

MWAE

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig

Laufzeit: andauernd

Zielgruppe

Kommunale Betriebe der Abwasserentsorgung, private Biogaserzeuger und Abfallentsorger, kommunale Liegenschaften mit Vorzeigeheizungen

THG-Minderung

Nicht einzeln bewertbar

Nutzen

Direkter Nutzen: Speicherung von Überschussstrom, CO₂-Senke, Schonung von Freiflächen- und EE-Ressourcen, Sichtbarkeit der Vorbildwirkung

Indirekter Nutzen: Senkung der Abhängigkeit von Gasimporten

Aufwand

Direkter Aufwand: Beratung und Öffentlichkeitsarbeit 2 VZÄ, Investitionskosten und Förderungsbedarf müssen projektspezifisch ermittelt werden.

4.2.2.7 HF 1-7: Förderung von strombasierten, teilautarken Quartieren mit Inselnetzfähigkeit

Beschreibung

Ziel:

Mit dieser Maßnahme sollen resiliente, klimaneutrale Quartiere gefördert werden. Dabei werden als Querschnittsförderung die Sektorkopplung, die Errichtung von zukunftsweisenden Fernwärmeinseln, die Flächeneffizienz durch Mehrfachnutzung an EE-Erzeugerstandorten, die Speicherung von Überschüssen und neue digitale Geschäftsmodelle angereizt.

Inhalt:

Es soll ein jährliches Budget für den Aufbau einer Förderung beispielsweise über Intracting aufgebaut werden (Anschubfinanzierung), das sich durch spätere Erlöse aus dem Gesamtkonzept refinanziert, idealerweise mit zum Beispiel 20 % mehr Rückzahlungen, um Risiko, Verwaltung, Teuerung sowie ein exponentielles Wachstum des Fördertopfes mit abzudecken.

Kriterien für die Vergabe der Fördermittel im Wettbewerb sollen der Autarkiegrad und die Reichweite der resilienten Inselnetzfähigkeit in Stunden für Wärme, Strom und Mobilität sein sowie die Abdeckung der oben genannten Ziele. Jede hierzu einsetzbare Technologie (z. B. auch Solarthermie) darf hierbei eingesetzt werden, solange die perspektivische CO₂-Freiheit des Quartiers gewährleistet werden kann. Ein bilanzieller Import von Gasen über das Jahr in das Quartier ist nicht erlaubt, ein bilanzieller Export dagegen schon. Ein bilanzieller Stromimport darf vollumfänglich berücksichtigt werden, sofern dieser regional aus Windkraft, Photovoltaik oder Bio- und Faulgas direkt erzeugt und zeitgleich teilweise oder vollständig (15 Minuten) in den Bilanzkreis des Quartieres eingespeist wird.

Die Maßnahme ist zweistufig: Zunächst müssen die Rahmenbedingungen für das Förderprogramm konkretisiert werden, anschließend wird in die Projektförderung eingestiegen. Förderfähig sein sollen Wohn-, Misch- und Gewerbegebiete innerhalb einer festzulegenden Bandbreite.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente

Rechtsrahmen: Landesrecht

Verantwortlichkeit

MWAE

Fristigkeit

Einführung: Fördertopfkonfektionierung zeitnah, Start sobald Finanzierung gesichert ist.

Laufzeit:

Laufende Projekte, bis Refinanzierung abgeschlossen worden ist, neue Projekte, solange Förderbedarf zur wirtschaftlichen Umsetzung notwendig ist.

Zielgruppe

Quartiersentwickler

THG-Minderung

Nicht zu bewerten

Nutzen

Direkter Nutzen: Quartiere werden mit 100 % EE-Strom vorzeitig CO₂-frei.

Indirekter Nutzen: Resilienz und Flexibilität der EE-Stromnutzung steigt.

Aufwand

Direkter Aufwand: Konfektionierung 1 VZÄ, Studie 200 T €, Projektbetreuung 0,25 VZÄ /a, Förderung z. B. 30 Mio. € /a Investitionsförderung

4.2.2.8 HF 1-8: Umbau thermischer Kraftwerke steuern und unterstützen

Beschreibung

Ziel:

Investitionen in thermische Kraftwerke werden zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit weiterhin erforderlich sein. Es gilt aber, diese kompatibel mit den abzusehenden Veränderungen der Rahmenbedingung zu gestalten, um Fehlallokationen zu vermeiden.

Inhalt:

1. Kohleausstieg

Das Land Brandenburg soll alle Bestrebungen und Initiativen unterstützen, um einen möglichst frühzeitigen Kohleausstieg als bedeutendste Klimaschutzmaßnahme des Landes zeitnah umsetzen zu können.

2. H₂-Readiness

Die Investition in ein neues „H₂-Ready-Aggregat“, das nur 20 % Wasserstoffanteil verträgt, ist bereits heute grenzwertig, wenn am Ende der Laufzeit unter Einbeziehung großer Revisionen bereits die Umstellung auf höhere Wasserstoffanteile abzusehen ist.

Neuen Gasmotoren mit einem maximal zulässigen Wasserstoffanteil von unter 50 % im Mischgas sollten daher in ihrer voraussichtlichen Laufzeit bis zum Jahr 2035 begrenzt werden, vorbehaltlich einer nachträglichen Verlängerung bis zur dann absehbaren tatsächlichen Umstellung des Gasverteilnetzes. Für alle neuen Betriebsgenehmigungen sollte dagegen bereits zeitnah eine Mindestverträglichkeit von 20 % Wasserstoffanteil ab 2024 vorausgesetzt werden, was über eine Aktualisierung des Standes der Technik möglich erscheint.

Es soll nach Mitteln und Wegen gesucht werden, um die Betreiber der Gasverteilnetze in Brandenburg zur Aufnahme eines Mischgas-Fahrplans in Ihre technischen Anschlussbedingungen zu bewegen. Im Rahmen des Fernwärme-Transformationsplanes zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung sind hier verbindliche Aussagen erforderlich. Auf diese Weise können die Kosten für die zukünftige Erhöhung der Wasserstoffanteile reduziert und auf eine juristisch fundierte Basis gestellt werden, eine zeitliche Begrenzung der Betriebsgenehmigung – die gesetzlich nur auf der Ebene von Deutschland oder der EU umgesetzt werden könnte – würde damit umgangen. Letztlich kann eine solche regionale Festlegung auch zu Wettbewerbsverzerrungen führen. Daher ist eine Einigung auf höherer Ebene in jedem Fall sinnvoll und anzustreben.¹⁹⁰

3. Emissionsarme Gaskraftwerke fordern und fördern

Gas in Form von Wasserstoff oder als Mischgas mit niedrigen Emissionswerten wird zukünftig ein knappes und teures Gut sein. Der Betrieb von Gaskraftwerken wird mittelfristig auf zunehmend kürzere Betriebszeiten beschränkt, in denen nicht genug Strom über Photovoltaik und Windkraft sowie Speicher bereitgestellt werden kann. Es gilt dann, diesen Strom möglichst effizient mit geringstmöglichem Gaseinsatz zu erzeugen. Daher sollen Wege gesucht werden, im Rahmen der Genehmigung unter Berücksichtigung des Methanschlupfes eine elektrische und treibhausgasseitige Mindesteffizienz aus sich kontinuierlich steigender Best Practice vorzugeben, um mittelfristig insbesondere kleine dezentrale KWK mit geringer elektrischer und emissionsmäßiger Effizienz nach dem Kohleausstieg vom Markt zu verdrängen. Es soll ein jährliches Reporting etabliert werden mit Vorschlägen zur Setzung einer elektrischen und treibhausgasseitigen Mindesteffizienz bei der Stromerzeugung als Grundlage für die Genehmigungspraxis. Mehrkosten gegenüber dem Stand der Technik sollen bei Förderungen berücksichtigt werden. Die Ergebnisse sollen in die Öffentlichkeitsarbeit der WFBB eingehen.

4. Einsatz von Frischholz reduzieren

Der Einsatz von Frischholz bei der Stromgewinnung aus Holz soll reduziert werden, da er keine Maßnahme zur notwendigen kurzfristigen Reduzierung der THG-Emissionen darstellt (Begründung siehe [HF 1-5](#)). Als Mittel wird der Wegfall jeglicher politischen und förderpolitischen Unterstützung empfohlen (z. B. ILB, Vorbildwirkung).

¹⁹⁰ Eine diesbezügliche Überarbeitung des BImSchG soll auf Bundesebene angestrebt werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Rechtsetzung, Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Information/Beratung/Rechtsetzung

Rechtsrahmen: Landesrecht

Verantwortlichkeit

MWAE

Fristigkeit

Einführung: zeitnah

Laufzeit: bis Umsetzung (1 Jahr), Ausnahme b. Reporting und Förderung

Zielgruppe

Investierende und Planende thermischer Kraftwerkspark

THG-Minderung

Nicht einzeln zu bewerten

Nutzen

Direkter Nutzen: Steuerung des Kraftwerksumbaus

Indirekter Nutzen: volkswirtschaftliche Vermeidung von Fehlallokationen

Aufwand

Direkter Aufwand: 1 VZÄ zuzüglich Förderung je nach Förderstrategie

Indirekter Aufwand: Jährliches Reporting zu Mindesteffizienzen und Öffentlichkeitsarbeit

4.3 Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie

Das Handlungsfeld „Klimaneutrale Industrie“ adressiert Energieverbrauch und Emissionen, die durch Wirtschaftsaktivitäten im Land Brandenburg verursacht werden. Darüber hinaus werden Aktivitäten von Unternehmen aus dem Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen direkt mit einbezogen, was nicht im Sektor „Industrie“, sondern im Sektor „Gebäude“ bilanziert wird. In Brandenburg ist zudem auf die Relevanz von klein- und mittelständischen Unternehmen hinzuweisen, welche die Wirtschaftsstruktur neben den energieintensiven Industrien (v. a. Stahl, Zement, Chemie) stark prägen (Hirschl et al. 2022). Das Ziel der Strategie ist die Transformation Brandenburgs zu einem klimaneutralen Wirtschaftsstandort unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Stabilität und die Sicherung von nachhaltigem Wohlstand.

4.3.1 Strategieempfehlungen

Das Handlungsfeld „Klimaneutrale Industrie“ gliedert sich hierfür in die **Handlungsschwerpunkte „Energiebedingte Emissionen“** und **„Prozessbedingte Emissionen“** (Landesregierung Brandenburg 2021). Der Handlungsbedarf im Schwerpunkt „Energiebedingte Emissionen“ besteht in der Durchdringung von **Effizienz**-Technologien zur Reduktion des Endenergieverbrauchs, in der **Substitution** von fossilen Energieträgern zur Reduktion der Emissionen des Energieträgermix sowie in der Transformation hinzu **klimaneutralen Industriekraftwerken**. Der Handlungsbedarf im Schwerpunkt „Prozessbedingte Emissionen“ wird durch folgende Priorisierung konkretisiert: Erstens **Vermeidung** von prozessbedingten Emissionen durch Verwendung alternativer Produkte und neuer Produktionsverfahren. Zweitens **Nutzung durch CCU**-Technologien in geschlossenen Kohlenstoffkreisläufen, und drittens **Speicherung** der unvermeidbaren Restemissionen durch **CCS**-Technologien.

Darüber hinaus ist das Handlungsfeld „Klimaneutrale Industrie“ in anderen Handlungsfeldern sowie übergreifenden Handlungsschwerpunkten thematisch verankert, u. a.:

- HF 1 (Abschnitt 4.2) Energie und Wasserstoffwirtschaft: Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien, Infrastruktur.
- HF 3 (Abschnitt 4.4) Wärmewende, Bauen und Wohnen: Gebäude, Abwärme.
- HF 4 (Abschnitt 4.5) Verkehr und Mobilität: Fuhrpark, Mobilität der Beschäftigten.
- HF 6 (Abschnitt 4.7) Abfall und Kreislaufwirtschaft: Produktnormung, Recycling.
- HF 8 (Abschnitt 0) Übergreifende Handlungsschwerpunkte, u. a. klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung ([HF 8-3](#)), Fach- und Arbeitskräfte ([HF 8-4](#)), Bioökonomie ([HF 8-7](#))

In Brandenburg wurde in 2012 der **Aktionsplan „Pro Industrie“** verabschiedet, mit dem Ziel, das Wirtschaftswachstum und die Wettbewerbsfähigkeit zu fördern. Darüber hinaus wurden auch die Themen nachwachsende Rohstoffe, Fachkräfteentwicklung und Flächen in den Fokus gerückt (MWE 2012b). In 2019 wurde der Aktionsplan zu den **„Leitlinien Industriepolitik Brandenburg“** weiterentwickelt, um die Förderung der Wirtschaft sowie die Themen Beschäftigung, Wohlstand und weitere wirtschaftliche, ökologische und soziale Herausforderungen zu adressieren. Im Fokus stehen hierbei Industrieunternehmen und v. a. die KMU in Brandenburg (MWAE 2019). Im Landtagsbeschluss 7/4057 (2021a) wird die Landesregierung dazu aufgefordert, die Leitlinien zu einer **Industriestrategie** weiterzuentwickeln und mit anderen Einzel- und Fachstrategien zu verzahnen – insbesondere dem Klimaplan und der Energiestrategie 2040. Hierbei ist die Unterstützung des Ziels der Klimaneutralität bis 2045 wesentlich. Die Rahmenbedingungen für einen innovativen, wettbewerbsfähigen und klimaneutralen Industriestandort sollen durch einen integrierten

und kooperativen Ansatz insbesondere in folgenden Themenbereichen definiert sowie angepasst werden (Landtag Brandenburg 2021a; MWAE 2021b):

- Innovation und Digitalisierung
- Fachkräftesicherung
- Wertschöpfungsketten
- Infrastruktur
- Klima- und Umweltschutz
- Energieversorgung
- Verfahrensbeschleunigung und Bürokratieabbau
- Ansiedlung und Standortmarketing

Neben der zukünftigen Industriestrategie werden weitere Einzelstrategien unter dem Dach des Klimaplan die Brandenburger Industrie beeinflussen, u. a. die **Energiestrategie** mit der Bereitstellung von Energie und Energieinfrastruktur, die Wasserstoffstrategie (MWAE 2021a) als wichtiges Zukunftsthema sowie die **Bioökonomie-Strategie** mit alternativen Produktionsverfahren und Geschäftsmodellen für die Wirtschaft (Falkenberg et al. 2021; Landtag Brandenburg 2021b).

Die Strategie- und Maßnahmenempfehlung für den Klimaplan sowie die Industriestrategie sind als politische Rahmenbedingungen eines Bundeslands im Kontext der Bundesebenen zu betrachten und durch diese in ihrem Handlungsrahmen begrenzt.¹⁹¹ Die Entwicklung auf der **Bundes-** sowie **EU-Ebene** ist aktuell hochdynamisch, was das Oster- und Sommerpaket 2022 des BMWK sowie der RePowerEU-Plan verdeutlichen. Neben Energieeffizienz soll maßgeblich die Diversifikation des Energieträgermixes durch die Substitution von fossilen Energieträgern zur klimaneutralen Transformation in der Industrie beitragen. Hierfür sind geeignete politische Rahmenbedingungen notwendig, die Planungs- und Investitionssicherheit bieten (BMWK 2022e; EC 2022b; BMWK 2022a). Im Folgenden werden Maßnahmen dargestellt, welche nach unserer Einschätzung auf der Bundesebene umzusetzen sind¹⁹²:

- Förderung klimaneutraler Industrieaktivitäten

Die anstehende Reinvestitionsphase in diesem Jahrzehnt muss zur Transformation zur Klimaneutralität genutzt werden. Hierfür können Klimaschutzverträge (sog. „Carbon Contracts for Difference“, kurz: CCfDs¹⁹³) die rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen v. a. für energieintensive Industrien leisten. Im Rahmen eines Pilotprogramms sollen erste Projekte zeitnah unterstützt werden – Verfahren mit hohem Emissionseinsparpotenzial und hohen CO₂-Vermeidungskosten sollten hierbei priorisiert werden. Zusätzlich soll die Transformation zu klimaneutralen Technologien und Prozessen durch „Superabschreibung“ befördert werden. Das Zieljahr hierfür soll aufgrund der konjunkturellen Situation jedoch nicht 2022 sein

¹⁹¹ Vor allem die energieintensive Industrie ist stark von den Entwicklungen der Rahmenbedingungen auf Bundes- und EU-Ebene abhängig.

¹⁹² Einige werden zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts bereits vom zuständigen Ministerium (BMWK) angegangen.

¹⁹³ Die Betriebskostenförderung erstattet den Unternehmen die Differenz zwischen aktuellem CO₂-Preis und den tatsächlichen CO₂-Vermeidungskosten des neuen Prozesses bzw. Produkts. Sobald der CO₂-Preis die tatsächlichen Vermeidungskosten überschreitet, muss das Unternehmen die neue Differenz an den Bund zahlen. CCfDs werden mit einer bestimmten Laufzeit abgeschlossen.

(BMWK 2022e; BMWK 2022b; Zeit Online 2022). Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob Investitionen für Klimaschutz und Umwelt generell steuerlich bevorteilt werden können (GermanZero e.V. 2022).

- Genehmigungsprozesse
Die Dauer von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ist einerseits durch den Verfahrensprozess und andererseits durch den Umfang der Prüfungen beeinflusst. Das Ziel muss sein, die Planungs- und Genehmigungsverfahren rechtlich zu verschlanken, zu beschleunigen und Bürokratie abzubauen. Der Verfahrensprozess kann durch eine vollständige Digitalisierung insbesondere bei der Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichen Behörden und Dienststellen beschleunigt werden, welche rechtlich verankert werden muss. Darüber hinaus sollten bestimmte Formate neu bewertet werden, z. B. könnte die sogenannte „Erörterung“ durch Online-Konsultationen effizienter und zielführender gestaltet werden. Das Land Brandenburg sollte sich auf Bundesebene durch Initiativen im Bundesrat sowie durch das Fachgremium Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (Beratung der Umweltministerkonferenz) einbringen. Bei Initiativen ist besonders auf die Praktikabilität und Rechtssicherheit der vorgeschlagenen Reform(en) zu achten (BMWK 2022e)¹⁹⁴.
- Energieeffizienz
Die Förderung von Energieeffizienzmaßnahmen sollte durch einen ordnungsrechtlichen Rahmen mit konkreten Effizienzzielen ergänzt werden. Hierdurch sollen Unternehmen verpflichtet werden, die entsprechenden Einsparpotenziale zu realisieren. Das BMWK plant bereits ein Energieeffizienzgesetz, dessen Ausgestaltung allerdings noch unklar ist (BMWK 2022a).
- Klimaneutrale Industriekraftwerke und -anlagen
Im Genehmigungsprozess nach BImSchG muss die Errichtung von klimaneutralen Industriekraftwerken und -anlagen bevorteilt werden, solange noch klimaschädliche Anlagen genehmigt werden dürfen. Die gesetzliche Grundlage nach § 2 EEG 2023, dass der Ausbau der Erneuerbaren Energien im überragenden öffentlichen Interesse steht und der öffentlichen Sicherheit dient, sollte auch auf das BImSchG ausgeweitet werden. Die Genehmigung in einem vereinfachten Verfahren bietet die Möglichkeit, klimaneutrale Kraftwerke und Anlagen zu bevorteilen, da diese im Vergleich zu förmlichen Verfahren zur Beschleunigung der Genehmigung führen. Hierbei könnte beispielweise die Praxis wie jüngst in Thüringen eingeführt werden, Windräder im Rahmen sogenannter atypischer Genehmigungsverfahren auf Industrieflächen und Gewerbegebieten aufzustellen. So könnte erneuerbarer Strom für den Eigenverbrauch der Unternehmen auf Flächen außerhalb der festgeschriebenen Windvorranggebiete erzeugt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass Rechtssicherheit und Vertrauen in die Prüfung nicht vernachlässigt werden. Es muss ein Zeitplan mit klarer Frist zur Beendigung der Genehmigung von klimaschädlichen Industriekraftwerken und -anlagen entwickelt werden (LAGetSi 2021; Kobiela et al. 2020, 20; GermanZero e.V. 2022).
- Beendigung von klimaschädlichen Subventionen
Klimaschädliche Subventionen müssen umgehend beendet oder grundlegend reformiert werden. Die Energiesteuerbegünstigungen auf die Verwendung von fossilen Brennstoffen sind mit der Entwicklung einer klimaneutralen Industrie nicht vereinbar. Die Begünstigung der

¹⁹⁴ Sowie Interview mit Genehmigungsbehörde.

Stromsteuer sollte nur mit der Verpflichtung zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen gewährt werden (FÖS 2021). Bei der aktuellen Subventionierung zum Zweck der Entlastung von privaten Haushalten und Unternehmen im Kontext stark gestiegener Energiepreise darf die ökologische Lenkungswirkung nicht verloren gehen.

- Reform des europäischen (ETS) und nationalen (BEHG) Zertifikate-Handel
Im EU ETS sollte die Zertifikate-Menge bis zum Zieljahr der Klimaneutralität auf null reduziert und die Verteilung kostenloser Zertifikate so schnell wie möglich gestoppt werden, damit sich die Vermeidungskosten in den Prozessen besser widerspiegeln. Im nationalen BEHG sollte die Zertifikate-Menge ebenfalls bis zum Zieljahr der Klimaneutralität auf null reduziert sowie die Fixpreise abgeschafft werden. Zielführender für den Klimaschutz wären stattdessen Mindestpreise in beiden Systemen (GermanZero e.V. 2022). CO₂ Preise müssen für alle fossilen Brennstoffe (Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas sowie Kohle- und Abfallbrennstoffe) gelten und gesetzmäßig erhöht werden.
- Wettbewerbsfähigkeit und Carbon Leakage-Schutz
Die Gewährleistung von Wettbewerbsfähigkeit und die Vermeidung von Carbon Leakage in bestimmten Industrien (z. B. Stahl, Zement) kann einerseits durch direkte und indirekte Förderprogramme, wie die oben beschriebenen CCfDs oder die Schaffung grüner Leitmärkte, erreicht werden, und andererseits durch die Einführung einer Endproduktabgabe zur Implementierung der Klimafolgekosten. Die Abgabe sollte sowohl auf heimische als auch importierte Produkte dieser Industrien erhoben werden; nicht jedoch auf exportierte Produkte. Die Klimafolgekosten könnten zuerst über standardisierte Benchmarks und letztendlich über die tatsächlichen Emissionen eines Produkts berechnet werden (Fiedler und Beermann 2020). Unterstützend könnte auch die Mehrwertsteuererhebung an die Klimawirkung angepasst werden, wie das UBA vorschlägt (UBA 2022b).
- Rahmenbedingungen für eine Kohlenstoffkreislaufwirtschaft schaffen
Die Notwendigkeit von technischen Senken für Treibhausgase zur Erreichung der Pariser Klimaziele wurde vom IPCC konstatiert und von der Bundesregierung im Koalitionsvertrag anerkannt. Auf Bundesebene müsste hierfür das Kohlendioxid-Speicherungsgesetz (KSpG) angepasst und die Forschungsintensität erhöht werden. Ansätze in diesem Zusammenhang sind (vgl. u. a. GermanZero (2022)):
 - Regelung des Vorrangs von CCU-Technologien mit geschlossenem Stoffkreislauf (welcher im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse nachgewiesen werden muss) gegenüber CCS-Technologien. Darüber hinaus sollte zwischen biogenen und fossilen Kohlenstoffquellen differenziert werden. Dies sollte sich auch im Förderregime widerspiegeln, welches nur für nicht vermeidbare, nicht energiebedingte Prozessemissionen gelten sollte.
 - Die Landesregierung sollte dafür Sorge tragen, dass erforderliche konsequente Emissionsreduktionen nicht durch CCU und CCS konterkariert werden. CCU und CCS dürfen nur für zukünftig nicht vermeidbare Restemissionen angewendet werden. Hierfür sollten Bewertungsmaßstäbe und ein Schema zur Ableitung der Gesamtmengen entwickelt werden.

4.3.2 Maßnahmenvorschläge

Die bundespolitischen Maßnahmenvorschläge verdeutlichen die Relevanz der Bundesebene für die Brandenburger Wirtschaft. Das Land Brandenburg sollte die wichtigen Gesetzesänderungen im Bund sowie deren Umsetzung daher weiterhin aktiv mitgestalten. Die Maßnahmenempfehlungen für das Handlungsfeld „Klimaneutrale Industrie“ wurden mit dem Ziel der Klimaneutralität für die Wirtschaft in Brandenburg entwickelt. Das Land Brandenburg sollte einen **Rechtsrahmen** in Ergänzung zum Bund und zur EU schaffen, der dazu beiträgt, dieses Ziel in der Industrie zu erreichen. Darüber hinaus sollte das Land die Transformation durch **Beratung** und **Förderung** unterstützen.

Die Strukturierung der Maßnahmenvorschläge folgt den vorher definierten Handlungsschwerpunkten und -bedarfen aus Abschnitt 4.3.1. Die Entwicklung basiert auf einer systematischen Recherche von Fachliteratur, Positions- und Strategiepapieren sowie den Rückmeldungen und Impulsen aus dem **Beteiligungsprozess**, insbesondere den Stakeholder-Workshops, der Online-Beteiligung und den fachlichen Rückmeldungen aus den zuständigen Ressorts. Beispiele für die Übernahme von Vorschlägen aus der Beteiligung sind die Schaffung von Anreizen zur Verpflichtung von Unternehmen zur Nutzung von Solarenergie ([HF 2-1](#)) sowie ein (regionales) Energie- und Ressourcenmanagement (siehe Abschnitt 4.3.2.1). Insgesamt hatten viele Vorschläge (v. a. aus der Online-Beteiligung) eine hohe Überschneidung mit existierenden Maßnahmenentwürfen, oder es handelte sich eher um Ziele oder Meinungen. Andere Beteiligungsergebnisse hatten einen Bezug zur Bundesebene oder werden bereits dort geregelt. Außerdem wurde über die Überschneidung bzw. Hierarchien von Bundes- und Landesrecht sowie Ordnungs- und Beihilferecht diskutiert, was in den Maßnahmen berücksichtigt wird.

Um die Zuordnung und Bewertung der Maßnahmenempfehlung zu ermöglichen, werden die THG-Minderungen, die im Szenario I bis 2030 vorgesehen sind, anhand der Handlungsschwerpunkte und Handlungsbedarfe als Bemessungsgröße herangezogen. Hiermit sollen Wirkungspfade verdeutlicht werden, die offenlegen, in welchen Bereichen Minderungspotenziale durch Maßnahmen adressiert werden können. In Szenario I wird zwischen 2018 und 2030 eine Reduktion in Höhe von 7 Mt CO_{2e} im Sektor Industrie und von 0,2 Mt CO_{2e} im Bereich GHD erreicht. Diese Reduktion kann auf Basis der Datengrundlage von Hirschl et al. (2022) wie folgt aufgeteilt werden:

- Reduktion von energiebedingten Emissionen:
4 Mt CO_{2e}, davon 90 % durch energieintensive Unternehmen.¹⁹⁵
- Reduktion von prozessbedingten Emissionen:
1,9 Mt CO_{2e}, davon 100 % durch energieintensive Unternehmen.
- Reduktion von Emissionen aus Industriekraftwerken:
1,1 Mt CO_{2e}, davon schätzungsweise 75 % durch energieintensive Unternehmen.
- Reduktion von klimawirksamen Stoffen:
0,05 Mt CO_{2e}.

¹⁹⁵ Hier: WZ Metallerzeugung und -verarbeitung (24, 25), WZ Glas und Keramik inkl. Ver. V. Steinen und Erden (WZ 23) und Chemische Industrie (WZ 20). Wichtig bleibt der Hinweis, dass gesetzte Zielwerte davon abhängig sind, dass große Industrieunternehmen für bereits geplante Transformationsmaßnahmen die jeweils beantragten Förderungen erhalten, um zu wirtschaftlichen und sozial verträglichen Lösungen zu kommen.

- Reduktion im Bereich GHD:
0,2 Mt CO₂e (hier: Quellenbilanz ohne Effekt durch Verbesserung der Emissionsfaktoren Strom und Fernwärme).

Die Reduktion von 0,4 Mt CO₂e energiebedingte Emissionen in der sonstigen Industrie (rund der Hälfte des aktuellen Emissionsniveaus dieser Industrie) lassen sich auf der Basis des Szenario I auf die beiden Handlungsbedarfe Effizienz (15 %) und Substitution (85 %) verteilen.

Im Zwischenbericht wurde bereits der signifikante Anteil der energieintensiven Industrie an den Emissionen der Brandenburger Wirtschaft aufgezeigt (Hirschl et al. 2022). Hieran zeigt sich, dass auch die größten Reduktionspotenziale durch die Transformation der energieintensiven Industrie realisiert werden müssen. Der Rechtsrahmen für diese Transformation wird primär auf der EU- und Bundesebene definiert, z. B. durch Vorschriften, Förderungen (IPCEI, Dekarbonisierung der Industrie und Innovationsfond ETS) oder die Reform der Energiepreiszusammensetzung. Das Kompetenzzentrum Klimaschutz in der energieintensiven Industrie mit Sitz in Cottbus sowie die Wirtschaftsförderung Brandenburg sind hierbei zentrale Institutionen bzgl. Information, Beratung und Förderung für die unterschiedlichen Stakeholder (KEI 2022; WFBB 2022a). Das Land Brandenburg sollte in einer aktiven Rolle weiterhin dazu beitragen, dass diese Rahmenbedingungen und Informationsangebote auch von den entsprechenden Unternehmen genutzt werden, was sich entsprechend in den Maßnahmenvorschlägen widerspiegelt.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen adressieren mehrere der Handlungsschwerpunkte und -bedarfe. Hierdurch lassen sich auch die THG-Reduktionswirkungen im Rahmen dieses Gutachtens nicht detailliert den einzelnen Maßnahmen zuordnen. Tabelle 65 beschreibt die entsprechenden Wirkungszusammenhänge.

Tabelle 65: Maßnahmenübersicht und Wirkungsanalyse im Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie

Quelle: Eigene Darstellung. Legende: x = direkter Einfluss, (x) = indirekter Einfluss.

ID	Maßnahme - Kurztitel	Ener- giein- tensive Indust- rie	Ener- giebe- dingte Emissi- onen	Pro- zessbe- dingte Emissi- onen	Emissi- onen aus In- dustrie- kraft- werken	Klima- wirk- same Stoffe	GHD
2-1	Erneuerbare Energien für die Wirtschaft	(x)	x	x	x		x
2-2	Effizienz für die Wirtschaft	(x)	x	x	x		x
2-3	Klimaneutrale Produkte und Kreislaufwirtschaft	x		x			(x)
2-4	CCU und CCS für Klimaneutralität jetzt vorbereiten			x			
2-5	Substitution von F-Gasen					x	x
2-6	Industriestrategie für Klimaneutralität und Nachhaltigkeit	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	
2-7	Strukturwandel: Raffinerie	x	x	x	x	x	
2-8	Genehmigungsprozesse für die klimaneutrale Transformation	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)

Die folgenden Maßnahmenblätter beschreiben den Inhalt der Maßnahmen mit Bezug zu Zielen, Verantwortlichkeiten, Wirkungsweisen sowie Nutzen und Aufwand.

4.3.2.1 HF 2-1: Erneuerbare Energien für die Wirtschaft

Beschreibung

Ziel: Das Maßnahmenbündel zielt darauf, die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern in der Wirtschaft / Industrie signifikant zu erhöhen. Hierfür wird empfohlen, ein differenziertes Maßnahmenbündel aufzusetzen, das Regelungen und Unterstützungen von der Eigenerzeugung bis zum Energiebezug vorsieht. Die Maßnahmen adressieren den Handlungsschwerpunkt „energiebedingte Emissionen“.

Inhalt:

1. Verpflichtung zum Ausbau von Solarenergie

Unternehmen werden verpflichtet zu prüfen, ob die Installation von Solaranlagen auf der zur Verfügung stehenden Betriebsfläche umsetzbar ist (auch über den Eigenbedarf hinaus). Bei technischer und wirtschaftlicher Machbarkeit greift eine Umsetzungspflicht (siehe [HF 1-4](#) und [HF 3-1](#)). Falls eine Umsetzung technisch oder wirtschaftlich nicht machbar ist, ist dies zu begründen. Das Land Brandenburg unterstützt hierbei durch Beratung (z. B. durch die Energie- und Klimaschutzagentur siehe [HF 8-1.6](#)) sowie Leitfäden, identifiziert Förderlücken und ergänzt diese ggf. durch landeseigene Maßnahmen.

2. Verpflichtende Prüfung zur Dekarbonisierung mit erneuerbaren Energien

Unternehmen (vor allem energieintensive Betriebe) sollen verpflichtet werden zu prüfen, ob die aktuell fossil betriebenen Prozesse auch klimaneutral umsetzbar sind – v. a. durch Elektrifizierung mit EE. Falls eine Umstellung technisch oder wirtschaftlich nicht machbar ist, ist dies zu begründen. Das Land Brandenburg unterstützt durch Beratung sowie Information zu Förderungen und Best Practices, identifiziert Förderlücken und ergänzt diese ggf. durch landeseigene Maßnahmen, auch mit Fokus auf GHD.

3. (Regionales) Energie- und Ressourcenmanagement

Bei industriellen Neuansiedlungen sowie geplanten Modernisierungen bestehender Standorte muss ein ganzheitliches Konzept zur Versorgungsfähigkeit mit (regionalen) erneuerbaren Energien und Ressourcen, die für den Betrieb notwendig sind, vorgelegt werden. Es ist zu prüfen, ob Brandenburg im Rahmen der Genehmigungsprozesse dies stufenweise, zuerst für Unternehmen ab einem bestimmten Energiebedarf, in Form einer Pflicht bzw. der Schaffung von Anreizen zum Ausbau erneuerbarer Energien als Zulassungskriterium einführen kann oder ob dies im BImSchG geregelt werden muss. Eine Regelung auf Bundesebene ist hierbei grundsätzlich anzustreben, um für die Unternehmen in Brandenburg keine Nachteile entstehen zu lassen.

4. Entwicklung von klimaneutralen Gewerbegebieten

In Gewerbegebieten (Neu- sowie Bestandsgebiete) sollen Klimaschutz und die Transformation zu klimaneutralem Wirtschaften durch ganzheitliche Konzepte (inklusive effizienter Flächennutzung) umgesetzt werden. Eine Zusammenarbeit von Betrieben auf einem Gelände bzw. an einem Standort bietet einen effizienten Umgang mit betrieblichen und energetischen Ressourcen sowie die Möglichkeit, Wirtschaftlichkeits- und Synergiepotenziale zu heben. Mit der Arbeitshilfe Bebauungsplanung gibt das Land Brandenburg bereits heute umfangreiche Hinweise zu Regelungs- und Festsetzungsmöglichkeiten im Rahmen von Bebauungsplänen. In den Kapiteln zu Gewerbegebieten werden Klimaschutz und Biodiversität jedoch nicht ausreichend berücksichtigt bzw. unzureichend verzahnt mit dem Sonderkapitel Klimaschutz und Klimafolgenanpassung. Deshalb ist es wichtig, diese um Konzepte für Gewerbegebiete mit dem Ziel der Klimaneutralität zu erweitern. Die Konzepte bzw. daraus resultierende Kriterien können sowohl bei der Planung, der Vergabe als auch beim Abschluss von Grundstückskaufverträgen angewendet werden.

5. Bezug von erneuerbarem Strom

Das Land Brandenburg sollte bei regionalen Energieversorgern und erneuerbaren Energien Produzenten darauf hinwirken, dass es ein signifikantes Angebot an regionalem Grünstrom aus erneuerbaren Energien gibt. Zur Steigerung der Nachfrage von regionalen Grünstromangeboten kann für kleine Unternehmen eine Bündelung der Nachfrage, z. B. in Form von Rahmenverträgen durch einen Akteur wie die Handwerkskammer erfolgen. Zudem bieten sogenannte Power Purchase Agreements (PPA) eine Möglichkeit, aus der Nachfrage attraktive Investitionskonditionen für den Bau neuer, auch regionaler EE-Anlagen zu schaffen. Das Konzept des PPA-Pooling ermöglicht auch KMU und GHD-Unternehmen mit vergleichsweise geringen Stromverbräuchen, die kritische Masse zur Entwicklung eines PPA zu erreichen und die Versorgung mit erneuerbarem Strom zu organisieren. Das Land Brandenburg kann hierbei durch Beratung der Unternehmen sowie Vernetzung mit entsprechenden Anbietern unterstützen.

6. Klimaschutzvereinbarung mit Unternehmen

Abschluss von freiwilligen Klimaschutzvereinbarungen mit kommunalen sowie gewerblichen Unternehmen, welche konkrete Klimaneutralitätsziele und -Maßnahmen enthalten, u. a. bezüglich Energieverbrauch und Emissionen. Das Land Brandenburg unterstützt bei der Umsetzung durch Beratung sowie Vernetzung und begleitet den Fortschrittsprozess (siehe auch [HF 2-3](#) sowie [HF 3-10](#)).

Kategorie und Rechtsrahmen

1. Rechtssetzung, Beratung, Leitfaden
2. Rechtssetzung, Beratung, (Förderung)
3. Rechtssetzung
4. Beratung, Vernetzung, Konzepte, Förderung
5. Beratung, Vernetzung
6. Rechtssetzung

Verantwortlichkeit

Das Land Brandenburg stellt den Rechtsrahmen bereit, die Energie- und Klimaschutzagentur (siehe [HF 3-2.1](#)) übernimmt Beratungsleistungen. Die Verantwortlichkeit und Mitwirkungsbedarf für die Umsetzung der Maßnahmen variiert:

1. – 3.: Genehmigungsbehörde (MLUK, MWAE)
4. – 6.: MLUK mit Unternehmen, Unternehmensverbänden

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: 1. – 3. dauerhaft, 4. und 6. projektabhängig, 5. ggf. erfolgsabhängige Verlängerung

Zielgruppe

öffentliche und private Unternehmen, Management von Gewerbegebieten

THG-Minderung

Die Energieversorgung der Industrie muss möglichst mittelfristig auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Ein wichtiger Richtwert ist hier der bundesweite 80 % Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2030 gemäß EEG. Aufgrund der territorialen Bilanzzuordnung der Quellenbilanz kann die THG-Minderungswirkung von zum Teil überregional nachgefragten erneuerbaren Energien für dieses Maßnahmenbündel nicht angegeben werden. Eine signifikante industrielle Nachfrage nach erneuerbaren Energien ist jedoch für die Energiewende wie für die Klimaneutralität Brandenburgs unerlässlich.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahmen ergänzen den bundespolitischen Rechtsrahmen und stärken den Transformationspfad zu einer klimaneutralen Wirtschaft in Brandenburg durch einen Mix gezielter Pflichten und Anreize. Durch das Gebot der Wirtschaftlichkeit entsteht auch ein ökonomischer Nutzen für die Unternehmen jenseits ihres Kerngeschäfts.

Indirekter Nutzen: Die Umsetzung der Maßnahme kann die regionale Wertschöpfung stimulieren und über die Hebung von Ausbaupotenzialen der erneuerbaren Energien zur Erfüllung der Klimaneutralitätsziele Brandenburgs und Deutschlands beitragen.

Aufwand

Direkter Aufwand: Die Entwicklung eines Rechtsrahmens sowie die Prüfungen und Beratungsangebote erfordern Personalaufwand bei den entsprechenden Institutionen: rund drei bis fünf VZÄ koordinierend auf Landesebene. Der Personalaufwand auf kommunaler Ebene orientiert sich an der Unternehmensanzahl je Kommune. Die Entwicklung von Leitfäden (200.000 €) und Konzepten (200.000 €) können auch extern beauftragt werden und erfordern ein Auftragsbudget. Die Bereitstellung von Förderprogrammen führt zu weiteren Aufwendungen für das Land Brandenburg.

Indirekter Aufwand: Die Umsetzung der Maßnahmen erfordert Personal und nicht näher bezifferbare betriebswirtschaftliche Ressourcen bei den Unternehmen. Der im Regelfall übliche Wirtschaftlichkeitsvorbehalt relativiert den Investitionskostenbedarf jedoch.

4.3.2.2 HF 2-2: Effizienz für die Wirtschaft

Beschreibung

Ziel: Die Maßnahmen adressieren die Steigerung der Energieeffizienz auf Technologie- und Systemebene. Die Nutzung von Effizienztechnologien wird empfohlen, um den Energieverbrauch in Brandenburg zu reduzieren. Systemdienliche Bereitstellung und Verwendung von Energieträgern erhöhen zudem die Gesamteffizienz. Die Maßnahmen adressieren den Handlungsschwerpunkt „energiebedingte Emissionen“.

Inhalt:

1. Meldepflicht für Abwärmekataster

Als Grundlage für eine effiziente Wärmeplanung sowie Nutzung von Abwärme in Industrie und GHD wird empfohlen, dass sich in Erstellung befindende Wärmekataster um ein Abwärmekataster zu ergänzen ([HF 3-3.1](#)). Für Unternehmen sollte eine Pflicht eingeführt werden, dauerhafte Abwärmepotenziale zu melden. Die Meldepflicht kann um eine Pflicht zur Erstellung von Abwärmekonzepten für relevante Unternehmen und Branchen ergänzt werden. Ein hinreichendes Beratungsangebot, insbesondere für KMU, ist durch die Energie- und Klimaschutzagentur zu gewährleisten. Hierbei sollten die Anwendungsfälle wie folgt priorisiert werden:

- Vermeidung von Abwärme durch effiziente Prozesse
- Interne Nutzung für Produktionsprozesse oder Raumwärme/Warmwasser
- Externe Nutzung

Die externe Nutzung kann einerseits durch regionale Nahwärmenetze – beispielsweise im Quartier bzw. Gewerbegebiet – realisiert werden und andererseits durch die Einspeisung in ein Fernwärmenetz. Um die externe Nutzung erfolgreich umzusetzen, sind weitere Maßnahmen des [HF 3](#) Wärmewende, Bauen und Wohnen zu beachten: Verpflichtung zur Datenlieferung ([HF 3-1.2](#)), Verpflichtung der Betreiber allgemeiner Wärmeversorgungsnetze, die Abnahme von EE-Wärme und Abwärme von Dritten zu prüfen ([HF 3-1.4](#)) sowie Prüfung der Einführung weiterer neuer Förderungen ([HF 3-8.2](#)). Darüber hinaus ist zu prüfen, inwiefern eine Ausfallversicherung für Abwärmebeziehende Unternehmen die Umsetzungswahrscheinlichkeit der externen Nutzung von Abwärme erhöht.

2. Prüfung des Handlungsbedarfs bzgl. Effizienztechnologien

Das Land Brandenburg prüft, inwiefern die Umsetzung des Arbeitsplans Energieeffizienz des BMWK sowie das anvisierte Energieeffizienzgesetz auf Bundesebene bereits dazu geeignet sind, die modellierten Effizienzentwicklungen bzw. Reduktionen des Energieverbrauchs in der Brandenburger Wirtschaft zu erreichen. Die bundespolitischen Rahmenbedingungen sind ggf. durch landeseigene Pflichten und Förderungen ([HF 2-6](#)) zu ergänzen, um ein höheres Ambitionsniveau zu erreichen. Den Unter-

nehmen, v. a. KMU und GHD, sollten Infomaterialien zu Best-Practices sowie Beratungs- und Vernetzungsangebote zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus müssen die Themen Materialeffizienz ([HF 2-3](#)) sowie Rebound Effekte und Klimawirkung adressiert werden.

3. Verbreitung von Contracting-Modellen

Das Land Brandenburg bzw. andere geeignete Träger beraten Unternehmen (KMU und GHD) zu Energieeinspar-Contracting und stellen Musterunterlagen zur Verfügung. Darüber hinaus sollen die Kosten einer Potenzial- und Machbarkeitsanalyse gefördert werden: voll bei Umsetzung des Contracting, 50 % bei Nicht-Umsetzung.

4. Verbreitung von Systemdienstleistungen

Das Energiesystem der Zukunft kann durch eine flexible Produktionsweise unterstützt werden. Während einige Industriezweige aufgrund von Preissignalen bereits heute flexibel ihre Produktion anpassen, ist dies in Zukunft auch für ein resilientes Energiesystem notwendig. Unternehmen sollten zeitnah durch eine bedarfsgerechte Beratung und Infomaterialien auf das flexible Lastmanagement vorbereitet werden, ergänzend zu bestehenden Informationsangeboten. Darüber hinaus ist zu prüfen, inwiefern Potenzialanalysen, Wirtschaftlichkeitsbewertungen und Pilotprojekte gefördert werden können.

Kategorie und Rechtsrahmen

1. und 2.: Rechtssetzung, Beratung, Informationsmaterial, (Förderung)
3. und 4.: Beratung, Informationsmaterial, Förderung

Das Land Brandenburg kann im Rahmen eines Klimaschutzgesetzes eine geeignete Rechtsgrundlage schaffen.

Verantwortlichkeit

Das Land Brandenburg stellt den Rechtsrahmen bereit. Die Verantwortlichkeit und Mitwirkungsbedarf für die Umsetzung der Maßnahmen variieren:

1. Genehmigungsbehörde (MLUK)
2. MWAE
3. und 4. Energie- und Klimaschutzagentur (siehe auch [HF 3-2.1](#))

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: 1. dauerhaft, 2. abhängig von Prüfung und Monitoring, 3. und 4. ggf. erfolgsabhängige Verlängerung

Zielgruppe

Landesministerien, Energie- und Klimaschutzagentur, Unternehmen, Unternehmensverbände, Wirtschaftskammern

THG-Minderung

Die Dekarbonisierung der Industrie kann ohne Effizienz nicht erreicht werden. Eine Zuordnung von Effizienzmaßnahmen zu konkreten Treibhausgasminderungseffekten kann an dieser Stelle nicht vorgenommen werden, da viele der Maßnahmen auch mit einem Technologie- und/oder Energieträgerwechsel einhergehen. Zudem umfassen die hier adressierten Maßnahmen das breite Spektrum von energie- und prozessbedingten Maßnahmen, so dass eine Differenzierung bzw. anteilige Zuordnung der oben abgeschätzten Minderungswirkung für diese beiden Bereiche hier nicht möglich ist.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahmen ergänzen den bundespolitischen Rechtsrahmen und verdeutlichen den Transformationspfad zu einer klimaneutralen Wirtschaft in Brandenburg. Durch das Gebot der Wirtschaftlichkeit entsteht auch ein ökonomischer Nutzen für die Unternehmen jenseits ihres Kerngeschäfts. Gerade angesichts aktuell stark gestiegener und sehr wahrscheinlich dauerhaft erhöhter Energiepreise weist eine kurzfristige Effizienzoffensive in der Brandenburger Wirtschaft unmittelbaren und nachhaltigen ökonomischen Nutzen auf.

Indirekter Nutzen: Die Maßnahmen tragen zur effizienten Nutzung von Energie im Gesamtsystem bei. Hierbei können die Infrastrukturen (z. B. Stromnetze) entlastet und Abwärme bereitgestellt werden. Auch die regionale Wertschöpfung wird gesteigert.

Aufwand

Direkter Aufwand: Bei den entsprechenden Institutionen entsteht Personalaufwand durch die Entwicklung eines Rechtsrahmens sowie die Prüfung der Abwärme-Nutzung und Beratungsangebote. Die Entwicklung von Infomaterial (100.000 €) kann extern beauftragt werden. Die Bereitstellung von Förderprogrammen führt zu weiteren Aufwendungen für das Land Brandenburg. Bei durchschnittlichen Kosten für ein Energie-Audit von 4.000 € könnten bei einem Förderbudget von 10 Mio. € über einen Zeitraum von 10 Jahren rund 2.500 Unternehmen Potenzial- und Machbarkeitsanalysen bzgl. Contracting durchführen.

Indirekter Aufwand: Auf Unternehmensebene werden Personal sowie weitere, nicht näher bezifferbare betriebswirtschaftliche Ressourcen zur Umsetzung der Maßnahmen benötigt. Bei vielen Maßnahmen ist jedoch davon auszugehen, dass aufgrund der Energiepreisentwicklungen und der politischen Rahmenbedingungen im Regelfall eine Wirtschaftlichkeit erreicht werden kann, wodurch sich der mitunter hohe Investitionskostenbedarf relativiert.

4.3.2.3 HF 2-3: Klimaneutrale Produkte und Kreislaufwirtschaft

Beschreibung

Ziel: Diese Maßnahmen werden für die Entwicklung und Nutzung von klimaneutralen Produkten sowie zur Förderung von Produkten der Kreislaufwirtschaft empfohlen, solange sich diese noch nicht durch eine adäquate Einpreisung von Klimafolgekosten am Markt durchsetzen. Dies soll einem möglichst effizienten Wirtschaften mit knappen Ressourcen dienen. Hierbei wird geraten, die Produkte mit hoher Klimawirkung zu adressieren und zu substituieren. Dies betrifft hauptsächlich und in Ergänzung zu den bundesweiten Maßnahmen die prozessbedingten Emissionen, in Teilen zudem auch die energiebedingten Emissionen.

Inhalt: Die Maßnahmen beinhalten die Prüfung von Ordnungs- sowie Beihilferecht und die Entwicklung von bilateralen Vereinbarungen und Förderprogrammen. Sie ergänzen zudem Maßnahmen aus dem Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen ([HF 3-7](#), [HF 3-10](#)), Abfall und Kreislaufwirtschaft ([HF 6](#)) sowie dem übergreifenden Handlungsfeld „Vorbildrolle öffentliche Hand“ ([HF 8-2](#)):

1. **Bioökonomie-Strategie** (siehe [HF 8-7](#))

Die Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung der Bioökonomie in Brandenburg ist bereits beschlossen, um die Entwicklung und Verwendung von biobasierten Produkten vorzugsweise aus Reststoffen in Kreislaufwirtschaft zu fördern. Im Rahmen der Strategie ist u. a. die Förderung der Bioökonomieforschung inkl. eines Wissenstransfers von der Wissenschaft in die Praxis, der Aufbau von Modell- und Demonstrationbetrieben und die Erarbeitung von Förderinstrumenten mit dem Ziel einer dezentralen und regionalen Wertschöpfung vorgesehen. Darüber hinaus sollte die Kooperation mit anderen Bundesländern, darunter Berlin, als Partner und Nachfragemärkte gestärkt werden.

2. **Reduktion der Prozessemissionen in der energieintensiven Industrie**

Das Land Brandenburg muss dafür Sorge tragen, dass die energieintensiven Industrien den bundespolitischen Förderrahmen voll ausnutzen, um prozessbedingte Emissionen zu vermeiden, und diese auf dem Transformationspfad begleiten. Fördermitelscouts, die bei der Energie- und Klimaschutzagentur oder der Wirtschaftsförderung des Landes Brandenburg angesiedelt sind, können Unternehmen dabei helfen, Förderbedarfe zu identifizieren und im Antrags- und Abwicklungsprozess unterstützen.

3. Kriterien in Klimaschutzvereinbarungen (siehe [HF 2-1](#), [HF 3-10](#))

Das Land Brandenburg schließt mit Unternehmen Klimaschutzvereinbarungen¹⁹⁶ ab, in denen die Verwendung klimaneutraler Produkte (z. B. in Form von Quoten) verankert wird. Hierfür sind für ausgewählte Produkte bzw. Produktgruppen Klimaneutralitätskriterien zu entwickeln. Beispiele für Quoten sind der Anteil von alternativen Bindemitteln in der Zementindustrie, der Anteil von alternativen Baustoffen (zur Substitution von Zement und Stahl) in der Bauwirtschaft sowie die Verwendung natürlicher Kältemittel (siehe [HF 2-4](#)). Zusammen mit den Vorgaben für öffentliche Liegenschaften können hierdurch landesweite Märkte für diese Produkte geschaffen werden.

4. Prüfung des Rechtsrahmens

Das Land Brandenburg prüft, inwieweit bei entsprechenden Förderungen¹⁹⁷ und Anforderungen (z. B. Produkt- und Baunormen, Kriterien für Auftragsvergabe) die Verwendung klimaneutraler Produkte und Produktkomponenten verankert werden kann. Hierbei sollen auch Handlungsoptionen zur Beeinflussung der EU- und Bundesebene bewertet werden, da v. a. die europäische Produktnormung hohen Einfluss auf die Kreislauffähigkeit von Produkten hat.

5. Pilotvorhaben und Vernetzung anstoßen

Die Rahmenbedingungen für die Kreislaufwirtschaft werden primär auf europäischer und auf Bundesebene geregelt. Das Land Brandenburg unterstützt diese Entwicklung durch die (ggf. wettbewerbliche) Initiierung und Förderung von Pilotprojekten (ggf. ergänzend zu Bundesförderungen) sowie die Vernetzung von Stakeholdern etwa über IHKn zur Initiierung von lokalen/ regionalen Kreislaufwirtschaftsverbänden. Hierbei sollten auch Unternehmen aus dem Bereich GHD und deren Beschaffung adressiert werden. Ergänzend sollte das Land Brandenburg Schulungen für Fachkräfte zu den Themen Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Beschaffung fördern und durch seine Bildungsträger anbieten (siehe hierzu auch [HF 8-5](#)).

Kategorie und Rechtsrahmen

1. Strategie
2. Beratung
3. Rechtssetzung
4. Rechtssetzung, Förderung
5. Förderung, Vernetzung

Verantwortlichkeit

Die Prüfung zur Veränderung des Rechtsrahmens obliegt den jeweiligen Fachressorts der Landesministerien.

1. MLUK
2. MWAE, Energie- und Klimaschutzagentur mit Unternehmen, Unternehmensverbänden
3. Energie- und Klimaschutzagentur mit Unternehmen, Unternehmensverbänden
4. MLUK, MWAE, MIL
5. MLUK, MWAE

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

¹⁹⁶ Das Instrument der Klimaschutzvereinbarungen orientiert sich am Beispiel des Landes Berlin (SenUVK 2020). Alternativ könnten freiwillige Selbstverpflichtungen seitens der Unternehmen oder der Branchenvertretungen erfolgen, die vom Land Brandenburg rechtskräftig abgenommen werden.

¹⁹⁷ Die landeseigenen Implementierungsrichtlinien für die Bundesförderung Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW) und die Einflussnahme des Landes auf den vom Bund gesetzten Rahmen zu GRW könnten diese Gestaltungsspielräume bieten.

Laufzeit: 1. dauerhaft, 2. und 3. projektabhängig, 4. kurzfristig, 5. kurz- bis mittelfristig (5 – 10 Jahre)

Zielgruppe

Landesministerien, Energie- und Klimaschutzagentur, Unternehmen, Unternehmensverbände

THG-Minderung

Die maßgeblichen THG-Emissionen der Brandenburger Industrie gehen auf die energieintensive Industrie zurück, insbesondere die Stahl- und Zementindustrie. Die Produktionsmengen beider Industriezweige verringern sich zwar aufgrund von Materialeffizienz, Recyclingquoten und Substitution durch alternative Baustoffe, es wurde aber auch für 2045 noch ein hohes Niveau angesetzt. Dabei sinkt die Produktion von Klinker deutlich, wodurch Prozessemissionen vermieden werden. Den mit Abstand größten Minderungsanteil trägt bis 2030 mit über 4 Mt CO_{2e} die Stahlindustrie durch den Wechsel auf eine wasserstoffbetriebene Produktion bei. Längerfristig verbleibende Prozessemissionen müssen dann entweder durch heute noch nicht bekannte Innovationen vermieden, durch CCU-Technologien verarbeitet oder mittels CCS-Technologien gespeichert werden. In unseren Szenarien weisen wir jedoch aus Transparenzgründen die Restemissionen aus.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahmen tragen zur Verbreitung klimaneutraler Produkte sowie Produkten der Kreislaufwirtschaft bei und reduzieren hierdurch die Klimawirkung der Wirtschaft. Dies fördert auch die Rohstoffsicherung in Brandenburg und dient somit der Versorgungssicherheit.

Indirekter Nutzen: Regionale Kreislaufwirtschaftskonzepte fördern regionale Wertschöpfung und Beschäftigung.

Aufwand

Direkter Aufwand: Der Personalaufwand für die Prüfung des Rechtsrahmens sowie die Kontrolle der Klimaschutzvereinbarungen ist vergleichsweise gering. Die Beratungsleistung führt zu weiterem Personalaufwand bei der Energie- und Klimaschutzagentur. Die Initiierung von Pilotvorhaben (10 Mio. € über 5 Jahre) aus landeseigenen Fördermitteln würde zu weiteren Aufwendungen für das Land Brandenburg führen.

Indirekter Aufwand: Der Aufwand für Unternehmen für die Integration dieser Produkte kann auf Basis des Tätigkeitsbereichs und der Prozesse stark variieren.

4.3.2.4 HF 2-4: CCU und CCS für Klimaneutralität vorbereiten

Beschreibung

Ziel: Negativemissionen sowie die Verwendung von CCU- und CCS-Technologien zur Realisierung werden vom IPCC im 6. Sachstandsbericht als notwendig bewertet. Der Koalitionsvertrag folgt dieser Einschätzung und erkennt technische Negativemissionen als relevant zur Erreichung der Klimaziele an. Dies gilt für das Land Brandenburg insbesondere vor dem Hintergrund, da die natürlichen Senkenpotenziale erst wiederaufgebaut werden müssen und bis 2045 voraussichtlich nur einen geringen, unsicheren Beitrag leisten können. Während der Rechtsrahmen für CCU/CCS maßgeblich auf Bundesebene geregelt wird und teilweise noch erarbeitet werden muss, kann mit dieser Maßnahme die Grundlage für eine eindeutige Positionierung der Landesregierung geschaffen werden, um potentielle Restemissionen kompensieren zu können.

Inhalt: Die Umsetzung von CCU-/CCS-Projekten in Brandenburg soll durch Konzepte und Studien vorbereitet und begleitet werden.

1. Carbon Management Strategie des Landes Brandenburg

Die Landesregierung erstellt eine Strategie für den Einsatz von CCU- und CCS-Technologien im Kontext der Klimaziele. Im Fokus sollte hierbei auch eine Priorisierung von Handlungsoptionen bzw. vom Umgang mit dem Rohstoff Kohlenstoff stehen: Vermeidung von Restemissionen (insbesondere Prozessemissionen), CCU mit geschlossenem Kohlenstoffkreislauf und zuletzt CCS. In diesem Zusammenhang sind umsetzungsberechtigte Industrieunternehmen zu ermitteln und zu priorisieren. Im Rahmen der Carbon Management Strategie sind auch die Technologie- und Anwendungspotenziale von Direct Air Capture Verfahren (DACCS) zu ermitteln. Darüber hinaus sollten im Rahmen der zu entwickelnden Bioökonomie-Strategie auch die Potenziale von Bioenergy with Carbon Capture and Storage Verfahren (BECCS) zur Erzielung von netto-negativen Emissionen ermittelt werden.

2. Quellen und Senken von Kohlenstoff in Brandenburg

Das Land Brandenburg sollte die Erhebung und Kartierung von nicht-vermeidbaren Quellen und erschließbaren Senken von Kohlenstoff vornehmen. Als Blaupause könnten hierfür Vorhaben wie der Wasserstoffmarktplatz oder das Wärmekataster genutzt werden. Die Identifikation von Potenzialen biogener Kohlenstoffquellen ist im Zusammenhang/ in Abstimmung mit der Erstellung der Bioökonomie-Strategie ([HF 8-7](#)) vorzunehmen.

3. Identifikation des Infrastrukturbedarfs

Das Land Brandenburg kann anhand der Analyse von Quellen und Senken von Kohlenstoff in Brandenburg den Bedarf für Transportinfrastruktur ableiten. In Kooperation mit dem Bund und den anderen Bundesländern sollte dieser in einer bundesweiten Planung integriert betrachtet werden.

4. Initiierung von Machbarkeitsstudien

Die energieintensive Industrie, in der nicht-vermeidbare Restemissionen anfallen, sollte bei der Umsetzung von Machbarkeitsstudien für CCU-/CCS-Projekte begleitet werden. Hierbei ist auch zu untersuchen, inwiefern die Umsetzung solcher Projekte die Reduktion von Emissionen verzögern oder verhindern kann. Zur Finanzierung derartiger Machbarkeitsstudien sollte das Land Brandenburg eine Förderung auflegen.

5. Bereitstellung einer Austauschplattform

Das Land Brandenburg sollte eine Konzeption für eine Austauschplattform für den Dialog zwischen Zivilgesellschaft, Politik, Wissenschaft und Industrie erstellen. Hier sollte diskutiert werden, wie eine ökologisch nachhaltige und soziale Umsetzung von CCU- und CCS-Projekten möglich ist.

Kategorie und Rechtsrahmen

1. Strategie
2. Studie
3. Studie
4. Beratung, Studie, Förderung

5. Beratung, Vernetzung

Verantwortlichkeit

1. Landesregierung
2. MLUK
3. MWAE
4. MWAE, MLUK
5. MWAE

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: kurz- bis mittelfristig (5 – 10 Jahre)

Zielgruppe

MWAE, MLUK, Unternehmen

THG-Minderung

Die vorgeschlagenen Maßnahmen dienen der Verminderung unvermeidlicher Restemissionen bzw. der Erzielung nettonegativer Emissionen. Zur Ermittlung der genaueren Minderungspotenziale dienen u. a. die vorgeschlagenen Machbarkeitsstudien und Strategieprozesse.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahme schafft die Grundlage zur Kompensation von nicht-vermeidbaren Prozessemissionen. Sie schafft zudem Transparenz zu Quellen und Senken sowie dem zukünftigen Infrastrukturbedarf.

Indirekter Nutzen: Regionale Wertschöpfung durch die Etablierung von Kohlenstoff-Wertschöpfungsketten in Brandenburg.

Aufwand

Direkter Aufwand: Für 1), 2) und 3) werden jeweils Gutachten/Studien im Umfang von je 250.000 € veranschlagt, ebenso für die in Punkt 5) genannten Dienstleistungen. Für die vorgeschlagenen Machbarkeitsstudien sollte das Land Brandenburg ein Förderprogramm im Umfang von 10 Mio. € für die nächsten 5 Jahre zur Verfügung stellen.

Indirekter Aufwand: Die Erhebung von Quellen- und Senkenpotenzialen führt bei den Unternehmen zu geringem zusätzlichen Aufwand. Die Durchführung von Forschungs- und Praxisprojekten benötigt Personal und betriebswirtschaftliche Ressourcen sowie eine entsprechenden regulativen Rahmen auf Bundesebene.

4.3.2.5 HF 2-5: Substitution von F-Gasen

Beschreibung

Ziel: Die Reduktion von konventionellen Kältemitteln, welche in diversen Kälteanlagen sowie für Wärmepumpen eingesetzt werden, erfordert die stärkere Durchdringung von sogenannten natürlichen Kältemitteln als Alternative. Die Maßnahme wird ergänzend zu [HF 3-8](#) angeraten, welche sich auf den Gebäudebereich bezieht, um den Fokus auf Anwendungen in der Wirtschaft zu setzen. Während die kontinuierliche Reduktion in der europäischen F-Gasverordnung geregelt ist, wird Brandenburg eine ambitioniertere Vorgehensweise empfohlen.

Inhalt: Die Verbreitung von natürlichen Kältemitteln soll bis zur Etablierung im Markt vorübergehend gefördert werden. Das Land Brandenburg unterstützt dies durch Beratung von Unternehmen zum Einsatz von natürlichen Kältemitteln sowie durch Förderung von Technologie und Forschungs-/Praxisprojekten (sofern nicht von BAFA abgedeckt).

Kategorie und Rechtsrahmen

Beratung, Förderung

Verantwortlichkeit

Energie- und Klimaschutzagentur, MLUK mit MWAE und Unternehmen

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: kurzfristig (5 Jahre)

Zielgruppe

MLUK, Energie- und Klimaschutzagentur, Unternehmen

THG-Minderung

Der Ersatz von fluorierten Kältemitteln ist ein wichtiger Beitrag zur Minderung des Treibhauseffekts. Dies ist insbesondere angesichts der dynamischen Ausbauziele bei Wärmepumpen von großer Bedeutung, wodurch die quantitative Bedeutung dieser THG-Kategorie stark ansteigen könnte.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahme trägt zur Reduktion der Emissionen durch klimawirksame Stoffe bei.

Indirekter Nutzen: Die Wertschöpfung wird auf die Produktion und Anwendung von Technologien mit alternativen, natürlichen Kältemitteln ausgerichtet, welche zukünftig vermehrt nachgefragt werden.

Aufwand

Direkter Aufwand: Beratungsdienstleistungen erfordern Personalaufwand bei der Energie- und Klimaschutzagentur. Weitere Aufwendungen für das Land Brandenburg entstehen durch die Entwicklung eines landeseigenen Förderprogramms (5 Mio. €).

Indirekter Aufwand: Der Umsetzungsaufwand für Unternehmen variiert auf Basis des Anwendungsbereichs.

4.3.2.6 HF 2-6: Industriestrategie für Klimaneutralität und Nachhaltigkeit

Beschreibung

Ziel: Die sich derzeit in Erarbeitung befindliche Industriestrategie hat zum Ziel, die Industrieunternehmen auf den Weg hin zur Klimaneutralität 2045 zu unterstützen und dabei gleichzeitig ihre Wettbewerbsfähigkeit zu bewahren. Hierbei wird empfohlen, die Rahmenbedingungen für einen innovativen, wettbewerbsfähigen und klimaneutralen Industriestandort mit hoher Heterogenität weiterzuentwickeln. Der Fokus liegt hierbei auf Unternehmen mit industrieller Produktion und den entsprechenden Wertschöpfungsketten (v. a. KMU und energieintensive Unternehmen). Durch einen integrierten und kooperativen Ansatz wird geraten, gem. Landtagsbeschluss 7/4057 v. a. folgende Themen zu bearbeiten:

- Innovation und Digitalisierung
- Fachkräftesicherung
- Wertschöpfungsketten
- Infrastruktur
- Klima- und Umweltschutz
- Energieversorgung
- Verfahrensbeschleunigung und Bürokratieabbau
- Ansiedlung und Standortmarketing

Inhalt: Die Industriestrategie wird parallel zum Klimaplan entwickelt. Systematisch stellt der Klimaplan den klimapolitischen Rahmen für die Industriestrategie bereit. Operativ ist eine Abstimmung zwischen den zuständigen Ministerien in der Entwicklungs- sowie Umsetzungsphase bereits vorgesehen. Aus Sicht des Gutachtens sollten im Rahmen der Industriestrategie auch folgende Themen aufgegriffen werden:

1. **Entwicklung von Transformationsoffensiven**

Die Industriestrategie sollte konkrete Transformationsoffensiven entwickeln. Dabei ist die Heterogenität der Brandenburger Wirtschaft zu berücksichtigen und darauf zu achten, dass die Rahmenbedingungen dem Grunde nach auf ein klimaneutrales Wirtschaften ausgerichtet sind. Das Land Brandenburg sollte darüber hinaus weiterhin und verstärkt insbesondere die kleineren Unternehmen bei der Transformation begleiten und beraten (z. B. Rechtsetzungen, Förderungen). Hierfür wäre auch die Entwicklung von Leitfäden denkbar, um die Umsetzung zu vereinfachen.

2. **Monitoring**

Der Fortschritt und die Zielerreichung entlang der Transformationsoffensiven sollte zukünftig bewertet werden, um ggf. frühzeitig Anpassungen vornehmen zu können. Dies kann durch die Entwicklung geeigneter Parameter als Grundlage für entsprechendes Monitoring wirksam unterstützt werden.

3. **Anpassung von Rechts- und Förderrahmen**

Das Land Brandenburg bewertet, inwiefern aktuelle Rahmenbedingungen auf Landes- und Bundesebene geeignet sind, die Transformationspfade zu verfolgen und die Ziele Klimaneutralität sowie Nachhaltigkeit für die Wirtschaft zu erreichen. Das Zusammenspiel von Verpflichtungen und Förderungen auf Landesebene steht hierbei im Fokus. Bei dieser Analyse aufgedeckte Lücken in den politischen Rahmenbedingungen sollten anschließend durch entsprechende neue Rechtssetzungen und Förderungen geschlossen werden. Außerdem sollte eine Priorisierung von Fördertatbeständen und deren Integration in bereits bestehende bzw. Schaffung neuer Förderangebote herausgearbeitet werden, wobei die Förderung von fossilen Energien (falls noch vorhanden) schnellstmöglich beendet wird.

4. **Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft**

Die Entwicklung der Industriestrategie soll weitere Einzelstrategien, wie die zu erstellende Bioökonomie-Strategie ([HF 8-7](#)) berücksichtigen. Auch sollten die Verknüpfungen mit dem Handlungsfeld Abfall und Kreislaufwirtschaft ([HF 6](#)) einbezogen werden.

5. **Verfügbarkeit von und Beteiligung an erneuerbaren Energien**

Die ausreichende, möglichst regional nach Industriebedarfen differenzierte Verfügbarkeit sowie der regionale Bezug von Erneuerbarer Energie oder die Beteiligung an der

Investition sind relevante Themen. Die Industriestrategie sollte Unterstützungsangebote insbesondere für KMU hinsichtlich komplexerer Grünstrombeschaffung z. B. mittels PPA schaffen (siehe auch [HF 2-1.5](#)), sowie in Bezug auf unterschiedliche finanzielle Beteiligungsoptionen.

6. Wettbewerbsfähigkeit und Carbon Leakage

Im Rahmen der Industriestrategie stehen Maßnahmen zur Unterstützung der Klimaneutralität 2045 mit gleichzeitiger Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und zur Verhinderung von Carbon Leakage¹⁹⁸ im Mittelpunkt. Daraus sollen Brandenburg-spezifische Handlungsbedarfe abgeleitet und im Interesse einer effizienten Zielerreichung mit entsprechenden Anreizsystemen für die Unternehmen verknüpft werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Die hier genannten Punkte sollten in die Industriestrategie aufgenommen werden. Für a) sind zudem Beratung und ggf. die Entwicklung von Leitfäden notwendig. Der Punkt c) betrifft Rechtssetzung und Förderprogramme.

Verantwortlichkeit

MWAE mit MLUK, Energie- und Klimaschutzagentur

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar (Zeitplan für Industriestrategie)

Laufzeit: kurz- bis mittelfristig (5 – 10 Jahre)

Zielgruppe

MWAE, MLUK, Energie- und Klimaschutzagentur, Unternehmen

THG-Minderung

Die Industriestrategie Brandenburgs muss die Brandenburger Wirtschaft auf ihrem Weg zur Klimaneutralität unterstützen, diesen aber auch gleichzeitig einfordern. Eine Quantifizierung dieser Maßnahme ist nicht möglich, da sie erstens multiple Wirkungen entfaltet und zudem im Regelfall mit anderen Rahmenbedingungen (z. B. Bundesgesetzen) zusammenspielt.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahme soll die Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft in Brandenburg flankieren. Die Leitfäden und ein geeigneter Rechtsrahmen ermöglicht den Unternehmen eine klare Entwicklungsperspektive und helfen bei der Umsetzung.

Indirekter Nutzen: Die regionale Wertschöpfung wird durch die Transformation stimuliert und die Wirtschaftsstruktur modernisiert und resilienter.

Aufwand

Direkter Aufwand: Die Industriestrategie wird vom MWAE bereits bearbeitet. Die Entwicklung von Leitfäden erfordert ein Budget zur externen Auftragsvergabe und die Beratung erhöht Personalaufwand bei der zuständigen Agentur. Zur Veränderung des Rechtsrahmens wird Personal benötigt, während die Bewilligungen von Förderungen Aufwendungen für das Land Brandenburg bedeuten. Hier ist allerdings abzuwägen, inwiefern auch bestehende Förderprogramme verändert oder beendet werden können.

Indirekter Aufwand: Zur Transformation wird Personal und betriebswirtschaftliche Ressourcen (Zeit, Wissen, Kapital) bei den betroffenen Unternehmen benötigt. Darüber hinaus können volkswirtschaftliche Kosten durch den Bedarf von Infrastruktur etc. sowie die Kompensation von strukturellen Veränderungen entstehen (siehe [HF 2-7](#)).

¹⁹⁸ Verlagerung von Produktion und den entsprechenden THG-Emissionen an Standorte mit geringeren oder keinen Emissionskosten.

4.3.2.7 HF 2-7: Strukturwandel: Raffinerie

Beschreibung

Ziel: Die konventionelle Mineralölindustrie wird in einer klimaneutralen Wirtschaft nicht mehr bestehen. Es wird empfohlen, den Strukturwandel von konventionellen zu klimaneutralen Raffinerien (auch sog. Bio-Raffinerien) zu organisieren und zu begleiten, um in Zukunft v. a. chemische Vorprodukte und auch klimaneutrale synthetische Gase/Kraftstoffe produzieren zu können.

Inhalt: Die Entwicklungen auf der europäischen und Bundesebene führen zur Notwendigkeit des Strukturwandels in unterschiedlichen Industriezweigen. Ähnlich wie beim Strukturwandel in der Kohleindustrie benötigt die Mineralölindustrie einen vergleichbaren Rahmen. Die aktuelle Situation ist geprägt von Krisenmanagement, um die wirtschaftlichen Auswirkungen des russischen Krieges in der Ukraine zu kompensieren (Bundesregierung 2022b). Es sollte schnellstmöglich eine strategische Perspektive eingenommen werden, um den Strukturwandel in der Mineralölwirtschaft angemessen zu flankieren. Das Land Brandenburg hat hierbei die Verantwortung, den Transformationsprozess entlang der bundespolitischen Leitplanken zu begleiten und zu unterstützen. Im Laufe dieses Prozesses sollten u. a. folgende Themen bearbeitet werden:

- 1. Zukünftiges Produktspektrum und Produktionsumfang von Raffinerien**

Es muss bewertet werden, welche raffinierten Produkte in einer zukünftigen, klimaneutralen Wirtschaft noch genutzt bzw. nachgefragt werden.

- 2. Konzeption dezentraler Raffinerien aus Effizienzgründen**

Angesichts des bevorstehenden Wandels der Raffinerieprodukte in Richtung Klimaneutralität wird dem Land Brandenburg empfohlen, ein dezentrales Raffineriekonzept unter maximaler Ausnutzung aller Abwärmepotenziale zu entwickeln und dem gegenwärtigen zentralen Raffineriekonzept gegenüberzustellen.

- 3. Infrastrukturelle Voraussetzungen**

Die Produktion von synthetischen Gasen/Kraftstoffen erfordert signifikante Mengen an Wasserstoff und (biogenen) Kohlenstoff, welche durch geeignete Transportinfrastruktur zur Verfügung gestellt werden müssen. Auch dieser Aspekt ist ein gewichtiger Indikator in der oben benannten Standortanalyse.

Kategorie und Rechtsrahmen

Rechtssetzung, Beratung, Förderung. Für Punkt 2 ist eine Strategie- bzw. Konzeptentwicklung erforderlich.

Verantwortlichkeit

MWAE mit MLUK

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: mittel- bis langfristig (10 – 20 Jahre)

Zielgruppe

Unternehmen

THG-Minderung

Durch die Entwicklung einer dezentralisierten Raffinerie-Produktion mit starker Nutzung von Abwärme zur Dekarbonisierung der Fernwärme können die Emissionen der Raffinerien bis 2030 um 67 % und bis 2045 vollständig reduziert werden.

Nutzen

Direkter Nutzen: Beendigung der Verarbeitung von fossilen Rohstoffen in der konventionellen Raffinerie und Reduktion der entsprechenden Emissionen. Transformation zu klimaneutralen, zukunftsfähigen Raffinerieprozessen mit klimaneutralen Kraftstoffen und chemischen Vorprodukten.

Indirekter Nutzen: Die nachfolgenden Unternehmen in der Wertschöpfungskette werden mit klimaneutralen Kraftstoffen und Vorprodukten beliefert.

Aufwand

Direkter Aufwand: Die Entwicklung einer Strategie für den Strukturwandel erfordert hauptsächlich Personalaufwand sowie finanzielle Mittel für Gutachten. Allerdings wird der tatsächliche Strukturwandel in Industriezweigen der Energiewirtschaft als sehr kostenintensiv eingeschätzt, wie auch der Kohleausstieg demonstriert. Die Frage, ob die Finanzierung durch die Unternehmen, den Bund oder die Länder bzw. in Kooperation der Stakeholder geregelt wird, muss noch erörtert werden.

Indirekter Aufwand: Zusätzliche volkswirtschaftliche Kosten können durch den Ausbaubedarf von Infrastruktur entstehen.

4.3.2.8 HF 2-8: Genehmigungsprozesse für die klimaneutrale Transformation

Beschreibung

Ziel: Der Prozessablauf von Genehmigungen und der Umfang von unterschiedlichen Prüfungen wird auf EU- und Bundesebene einheitlich und abschließend geregelt. Das Land Brandenburg kann hierauf – d. h. die Überprüfung und Weiterentwicklung von Genehmigungsanforderungen und deren Berechtigung sowie die Identifizierung von Erleichterungen und Verschlänkungen – durch verschiedene Gremien Einfluss nehmen. Diese Maßnahme fokussiert jedoch die Umsetzung von Genehmigungsverfahren auf der Landesebene. Genehmigungsprozesse sollten so gestaltet sein, dass eine klimaneutrale Transformation unterstützt und beschleunigt wird.

Inhalt: Das Land Brandenburg kann durch Bildung und Qualifizierung, ausreichende Personalkapazitäten, Beratung, Vernetzung und eine konsequente Digitalisierung das Ziel von schnelleren Genehmigungsprozessen unterstützen¹⁹⁹:

1. **Personalkapazität aufbauen**

Die steigende Anzahl an Genehmigungsanträgen in Zukunft sowie der demografische Wandel erfordern den Aufbau von Personalkapazitäten. Die Gewinnung und das Anlernen von Nachwuchskräften gehören zu den zentralen Herausforderungen der Behörden (siehe auch [HF 8-1](#)).

2. **Expertise aufbauen und austauschen**

Die steigende Anzahl von Genehmigungsanträgen wird auch von einer höheren Komplexität und einer Vielzahl von zu beachtenden Vorschriften bei einzelnen Anträgen begleitet, da die Transformation auch mehr Innovationen in den Markt bringt. Das Personal in den Genehmigungsbehörden muss durch Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen auf diese Innovationstechnologien und deren Besonderheiten im Genehmigungsverfahren vorbereitet werden, um weiterhin rechtssichere Verfahren gewährleisten zu können. Hierbei bietet sich auch der Austausch von Fachwissen unter Behörden verschiedener Bundesländer an, der länderübergreifend organisiert werden muss. Das Modell von Kompetenzzentren (siehe Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI), das im Auftrag des BMWK vor allem energieintensive Industrien berät), könnte ausgeweitet werden, um Genehmigungsbehörden bei Koordination und Wissenstransfer zu unterstützen.

3. **Flexibilität in der Bearbeitung**

Der sich durch die demografische Entwicklung weiter zuspitzende Personalmangel auch in Genehmigungsbehörden könnte kurzfristig durch eine Form der interkommunalen Zusammenarbeit teilweise kompensiert werden. Genehmigungsanträge könnten hierdurch flexibel von verfügbarem Personal bearbeitet und thematisch gebündelt

¹⁹⁹ Diesbezügliche Empfehlungen an die Bundesebene siehe Abschnitt 4.3.1.

werden. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die Digitalisierung der Genehmigungsprozesse, welche auf Bundesebene geregelt, aber auf Landesebene durchgesetzt werden muss.

4. Effizienz der Antragsstellung

Genehmigungen können sich darüber hinaus durch eine fehlerhafte Antragsstellung verzögern, da in diesem Fall die gesamte Prüfung neu durchgeführt werden muss. Zur wirksamen Unterstützung von Antragstellern (Unternehmen) können Beratungen durch die Genehmigungsbehörden durch die Einführung bundeseinheitlicher elektronischer Antragsysteme mit Checklisten und Mustervorlagen die Anzahl fehlerhafter Anträge reduzieren. Im Rahmen der Beratung sollte auch das Qualitätsmanagement bei den antragstellenden Unternehmen verbessert werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

1. siehe [HF 8-1](#)
2. siehe [HF 8-1](#), Beratung, Vernetzung
3. Vernetzung
4. Beratung, Informationsmaterial

Verantwortlichkeit

MLUK mit Genehmigungsbehörden, Kommunen

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig

Laufzeit: mittel- bis langfristig (10 – 20 Jahre)

Zielgruppe

Genehmigungsbehörden

THG-Minderung

Die Erhöhung von Personalkapazitäten sowie die Reform der Genehmigungsprozesse gehen nicht direkt mit einer THG-Minderung einher. Sie sind jedoch notwendige Voraussetzung für Tätigkeiten in der öffentlichen Verwaltung, die die klimaneutrale Transformation der Industrie beschleunigen.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahme trägt zur Beschleunigung der Genehmigungsverfahren bei und somit zur klimaneutralen Transformation der Industrie.

Indirekter Nutzen: Darüber hinaus wird die Verbreitung von Wissen bzgl. innovativer Technologien und Klimaneutralität in der Industrie befördert.

Aufwand

Direkter Aufwand: Zur Umsetzung der Maßnahme ist zusätzliches Personal notwendig. Der Personalbedarf sollte im Rahmen einer Umfrage bei den einzelnen Genehmigungsbehörden ermittelt werden. Die Organisation von Vernetzung und Zusammenarbeit erfordert neben personellen auch finanzielle Ressourcen.

4.4 Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen und Wohnen

Das Handlungsfeld „Wärmewende, Bauen und Wohnen“ adressiert die direkten und indirekten Emissionen von und in Gebäuden. Es ist aber nicht deckungsgleich mit dem Sektor „Gebäude“: So ist das Ziel des Handlungsfelds vor allem die Transformation der Wärmeversorgung und des Gebäudebestands sowie die Reduktion des Energieverbrauchs privater Haushalte. Dabei werden auch die – nicht im Sektor Gebäude enthaltenen – Klimawirkungen durch Bau- und Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt. Während der gesamte Energieverbrauch der Wohngebäude und Haushalte im vorliegenden Handlungsfeld berücksichtigt wird, werden bei den Nichtwohngebäuden in diesem Handlungsfeld nur Raumwärme und Warmwasser aus dem GHD-Bereich betrachtet. Die übrigen Energieverbräuche (insbesondere Strom und Prozesswärme und -kälte) aus dem GHD-Bereich werden aufgrund der inhaltlichen Nähe im Handlungsfeld „Klimaneutrale Industrie“ adressiert. Fern- und Nahwärme werden sowohl hier als auch im Handlungsfeld Energie- und Wasserstoffwirtschaft betrachtet. Dabei liegt im Handlungsfeld Wärmewende der Schwerpunkt auf Nahwärme, dem Ausbau der Wärmenachfrage und der Verknüpfung mit Quartierskonzepten und kommunaler Planung.

4.4.1 Strategieempfehlungen

Gebäude und Haushalte verursachen THG-Emissionen durch die Beheizung der Gebäude, die Bereitstellung von Warmwasser sowie durch den Stromverbrauch, z. B. für IKT, Haushaltsgeräte, Beleuchtung und Kühlung. Den größten Anteil an den Emissionen verursacht dabei aktuell die Raumwärmebereitstellung, die bisher überwiegend auf fossilen Energieträgern basiert (siehe ausführlicher im Zwischenbericht, Hirschl et al. 2022). Der Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand in Brandenburg erfordert somit die Umstellung der Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme sowie eine deutliche Senkung des Wärmeverbrauchs durch die Verbesserung der Energieeffizienz der Gebäudehüllen, insbesondere durch energetische Sanierung, und der Anlagentechnik (siehe Abschnitt 3.3). Auch klimaneutrales und nachhaltiges Planen und Bauen, inklusive einer bedarfsgerechten Flächennutzung, sind für einen klimaneutralen Gebäudebestand notwendig. Neben der Betrachtung von Einzelgebäuden spielt die Quartiersbetrachtung eine wichtige Rolle. Im Quartier können gebäudeübergreifende, klimafreundliche Versorgungslösungen, insbesondere durch Nah- und Fernwärme, realisiert sowie Möglichkeiten der Sektorkopplung und der dezentralen Energiespeicherung effizient geplant und genutzt werden.

Die Wärmewende findet entscheidend auf kommunaler Ebene statt und wird durch die lokalen Gegebenheiten geprägt. Daher kommt der Unterstützung der kommunalen Wärmewende durch das Land Brandenburg im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen eine besondere Bedeutung zu.

Das Handlungsfeld umfasst somit die drei folgenden **Handlungsschwerpunkte**, welche aber nicht vollständig losgelöst voneinander zu betrachten sind:

1. Klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren sowie Dekarbonisierung von Nah- und Fernwärme
 - Umgehender Wechsel zur Nutzung klimaneutraler Energieträger durch Kombination folgender Aktivitäten: Erhöhung der Heizungsaustauschrate, Bezug von Wärme aus erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme sowie Ausweitung der netzgebundenen Wärme durch Nachverdichtung bei bestehenden Wärmenetzen, Ausweitung der Netze sowie neue Netze vorwiegend in Gebieten mit hoher Wärmenachfrage

- Dekarbonisierung der Wärmenetze sowie Ausbau klimaneutraler Wärmenetze, inklusive der Quartiersversorgung
 - Deutlicher Ausbau der dezentralen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, insbesondere PV, sowie Speicherung und Flexibilität
2. Gebäudeenergieeffizienz, nachhaltiges Bauen und Suffizienz (z. B. Nutzerverhalten)
- Deutliche und kontinuierliche Steigerung der Sanierungsraten und -tiefen
 - Erhöhung Neubaustandards, möglichst ab sofort
 - Reduktion von Neubauf Flächen und flächensparendes Bauen zur Begrenzung der Flächenversiegelung mittels begrenztem Wachstum von Gebäudeflächen und Fokussierung auf Umbau und Umnutzung des Gebäudebestands
 - Mehr Effizienz und Suffizienz beim Energieverbrauch vor allem in Haushalten und bei der öffentlichen Hand (insbesondere öffentliche Auftraggeber nach § 99 GWB)
3. Kommunale Wärmewende
- Schaffung und Umsetzung planerischer Grundlagen für die kommunale Wärmewende, vor allem über kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte, kommunale Wärmepläne und energetische Quartierskonzepte
 - Erfassung und Erschließung der lokalen Potenziale an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme.

Für die drei Handlungsschwerpunkte lassen sich jeweils **Ziele und Strategien** ableiten, die nachfolgend beschrieben werden, und auf die sich die anschließend dargestellten Maßnahmenvorschläge beziehen.

Der erste **Handlungsschwerpunkt** umfasst die **klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren** sowie die **Dekarbonisierung von Nah- und Fernwärme**. Ziel ist eine klimaneutrale Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser sowie der Ausbau der dezentralen CO₂-freien Stromerzeugung, vor allem durch PV. Bei der Wärmeversorgung spielen neben dezentralen Lösungen auch die Dekarbonisierung der Fern- und Nahwärme und das Quartier als Zusammenschluss mehrerer Gebäude eine wichtige Rolle. Die Dekarbonisierung der Fern- und Nahwärme wird zudem im Handlungsfeld „Energie und Wasserstoffwirtschaft“ im Handlungsschwerpunkt „Umbau Kraftwerkspark“ adressiert (siehe Abschnitt 4.2.1).

Die Bundesebene unterstützt die Transformation hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung aktuell vor allem über die Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG), indem etwa der Einbau von Wärmepumpen, Solarkollektoren, aber auch Biomasseheizungen bezuschusst werden. Zudem unterstützt die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze den Aus- und Umbau klimafreundlicher Wärmenetzsysteme inklusive einer Betriebsförderung für Solarthermie und Wärmepumpen. Darüber hinaus ist im Koalitionsvertrag (SPD et al. 2021) angekündigt, dass ab 2025 jede neu eingebaute Heizung auf der Basis von 65 Prozent erneuerbarer Energien betrieben werden soll. Es wird inzwischen, angestoßen durch die Invasion Russlands in die Ukraine und deren Folgen für den Gasmarkt, sogar ein früherer Zeitpunkt diskutiert. Insgesamt sind in diesem Handlungsfeld auf der Bundesebene deutlich steigende, Anforderungen sowie gute Förderbedingungen zu erwarten. Im Land Brandenburg gibt es bislang Energieberatungsangebote für private Haushalte, die vor allem die Verbraucherzentralen anbieten, für Unternehmen und Kommunen gibt es zudem Angebote von der Energieagentur Brandenburg. Zusätzlich gibt es für die kommunale Ebene die Beratungsstelle Klimagerechte Kommune (BSKK).

Das Land Brandenburg sollte über die aktuellen Aktivitäten hinaus einen verbindlichen Rechtsrahmen für die Wärmewende schaffen, der auf dem Bundesrecht aufbaut und im Abgleich mit der tatsächlichen Umsetzung der ambitionierten Pläne auf Bundesebene noch vorhandene Lücken schließt. Konkret werden rechtliche Regelungen für die Landesliegenschaften und Wärmenetzbetreiber sowie eine allgemeine Solarpflicht vorgeschlagen (siehe [Maßnahmen 3-1](#) und [3-4](#)). Das Land sollte zudem sehr viel stärker als bisher informierend und beratend tätig werden, Lücken in der Förderlandschaft schließen und dabei regionale Aspekte und Schwerpunkte berücksichtigen. Zentrale Zielgruppen sind hierbei private Eigentümerinnen und Eigentümer und Kommunen (siehe [Maßnahmen 3-2](#), [3-6](#), [3-7](#)). Zudem sollte die Transformation durch eine gezielte Planung und Verwaltung unterstützt werden und es sollten freiwillige Vereinbarungen mit zentralen Akteuren und Unternehmen abgeschlossen werden (siehe [Maßnahmen 3-3](#), [3-5](#) und [3-12](#)).

Der **Handlungsschwerpunkt Gebäudeenergieeffizienz, nachhaltiges Bauen und Suffizienz** (z. B. Nutzerverhalten) hat die Reduktion des Wärme- und Stromverbrauchs der Gebäude und Haushalte zum Ziel. Zentraler Aspekt hierbei ist die energetische Gebäudesanierung, die auf die Reduktion der Wärmeverbräuche der bestehenden Gebäude abzielt – hier geht es vor allem darum, die Sanierungsrate und -tiefe zu erhöhen. Auch wenn neu errichtete Gebäude nur einen deutlich kleineren Anteil zu den Emissionen beitragen, ist es wichtig, durch energetische Standards die Wärmeverbräuche neuer Gebäude von vornherein deutlich zu begrenzen. Energetische Sanierung, Umnutzung und Umbau sowie Neubau führen dazu, dass in den nächsten Jahren in großem Umfang Baumaterialien wie Dämmstoffe eingesetzt und Fenster ausgetauscht werden. Die Auswahl der Materialien hat über die graue Energie, die in der Herstellung der Stoffe steckt, sowie über ihre Recyclingfähigkeit einen Einfluss auf die Klimawirkung, sodass auch die Wahl der Baustoffe Thema in diesem Handlungsschwerpunkt ist. Zudem werden Maßnahmen formuliert, die das Nutzungsverhalten der Endverbraucherinnen und -verbraucher adressieren und zu mehr Effizienz und Suffizienz beim Einsatz von Energie beitragen sollen. Diese betreffen das Heizverhalten ebenso wie den Stromverbrauch, etwa durch den vermehrten Einsatz energieeffizienter Haushaltsgeräte oder eine Verringerung von Gerätelaufzeiten. Relevante Themen sind dabei auch Digitalisierung und Flexibilisierung. Diese können das Nutzungsverhalten über den Einsatz von Feedback-Systemen beeinflussen oder zum flexiblen und smarten Betrieb von Heizungen beitragen (z. B. durch eine Wetterprognosesteuerung). Hiermit können Verbrauchsreduktionen sowie ein Nutzen für das gesamte Energiesystem einhergehen (vgl. Gähns et al. 2021). Auch bei der Vorbildwirkung der öffentlichen Hand soll die Reduktion des Energieverbrauchs durch Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen adressiert werden. Und nicht zuletzt ist ein Ziel des Handlungsschwerpunkts, dem aktuellen Wachstum beim Verbrauch an Gebäudeflächen entgegenzuwirken unter anderem durch Maßnahmen zur suffizienten Gebäudenutzung und effizienten Flächenverteilung.

Die Bundesebene unterstützt die energetische Sanierung des Gebäudebestandes über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Zudem enthält das Gebäudeenergiegesetz (GEG) verpflichtende Mindest-Effizienzanforderungen an energetische Sanierungen und an Neubauten. Diese sollen laut Koalitionsvertrag der Bundesregierung deutlich geschärft werden. So ist geplant das GEG so anzupassen, dass zukünftig bei Sanierungen von Bestandsgebäuden die auszutauschenden Teile dem Standard des Effizienzhauses 70 entsprechen sowie, dass der Neubaustandard zum 1. Januar 2025 an den Standard des KfW-Effizienzhaus 40 angeglichen werden soll. Somit sind in diesem Handlungsfeld ebenfalls deutlich steigende energetische Anforderungen auf der Bundesebene zu erwarten. Darüber hinaus wird in den nächsten Jahren voraussichtlich ein auf EU-Ebene geplantes Stufenmodell dazu führen, dass alle drei Jahre die jeweils 15 Prozent der energetisch schlechtesten Gebäude saniert werden müssen – sobald dieses in nationales Recht umgesetzt wird. Da das GEG derzeit abschließend formuliert ist, haben die Länder diesbezüglich kaum Möglichkeiten höhere Anforderungen als auf Bundesebene zu stellen.

Das Land Brandenburg bietet aktuell ergänzend zu den Bundesprogrammen verschiedene Förder- und Beratungsprogramme an, die zur Gebäudeenergieeffizienz beitragen. Über die Investitionsbank des Landes Brandenburg (ILB) stehen etwa Darlehen und Zuschüsse für energetische Sanierungen über die Programme „Wohneigentumförderrichtlinie“ und „Mietwohnungsbauförderlinie“ zur Verfügung. Finanzschwache Kommunen können Zuschüsse für Energieeffizienzverbesserungen in öffentlichen Gebäuden erhalten. Weitere Programme, in denen auch energetische Sanierungsmaßnahmen finanziell unterstützt werden können, sind bspw. die Städtebauförderung und das Landesprogramm Kitausbau. Das Brandenburger Förderprogramm RenPLUS, das aktuell überarbeitet wird, bietet Förderungen für Nichtwohngebäude (NWG) an über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).

Die Strategie Stadtentwicklung und Wohnen des Ministeriums für Infrastruktur und Landesplanung in Brandenburg (MIL) postuliert eine bestandsorientierte Stadtentwicklung. Mit dem Vorrang für Innenentwicklung sollen die Städte einen Rahmen setzen und Anstöße für eine dichtere Bebauung geben. Ziel ist eine „Stadt der kurzen Wege“. Insbesondere unter Berücksichtigung von Ressourcenverbrauch und Umweltqualität werden die Nachhaltigkeitsziele für die Siedlungsflächenentwicklung auch für wachsende Städte als prioritär bewertet. Um diese Ziele zu erreichen, setzt das MIL auf eine integrierte Stadtentwicklungsplanung und den energetischen, klimagerechten Umbau der Städte. Dabei ermöglicht der Quartiersansatz die Verknüpfung energetischer Belange mit weiteren Themen der Quartiersentwicklung wie Mobilität, Freiraumgestaltung oder soziale Infrastruktur. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung umfasst dies die Anpassung des Baubestands an sich verändernde Bedarfe und Stadtfunktionen.

Das Land Brandenburg sollte vor allem durch Verbesserung und Ausbau von Information und Beratung auf eine Erhöhung der Sanierungsrate und -tiefe hinwirken und die Umsetzung der Anforderungen durch eine gute Vollzugs- und Qualitätskontrolle unterstützen (siehe [Maßnahmen 3-5](#) und [3-6](#)). Zudem können freiwillige Vereinbarungen die Transformation unterstützen (siehe [Maßnahme 3-12](#)). Das Land kann zudem ergänzende Schwerpunkte in der Förderung setzen (siehe [Maßnahme 3-7](#)). Ein weiteres Ziel dieses Handlungsschwerpunktes ist die Ausweitung von nachhaltigem und ressourcenschonendem Bauen und Sanieren, um auch die Klimawirkungen durch den Bausektor zu minimieren (siehe [Maßnahme 3-8](#)). Dadurch könnten gezielt u. a. regionale Potenziale zum Anbau nachhaltiger Rohstoffe, regionale Wertschöpfungsketten und Stoffströme erschlossen werden.

Im **Handlungsschwerpunkt kommunale Wärmewende** werden planerische Aufgaben adressiert, die vor allem in der Verantwortung der kommunalen Verwaltung liegen, aber durch das Land Brandenburg unterstützt werden müssen. Ein wichtiger Aspekt dabei ist die kommunale Wärmeplanung, die erstens die Bereitstellung von Daten und Informationen für die Wärmeplanung umfasst (vor allem zu Potenzialen an erneuerbaren Energien und Abwärme sowie Wärmeverbräuchen), und zweitens die Entwicklung eines Fahrplans für eine klimaneutrale Wärmeversorgung auf kommunaler oder städtischer Ebene (Riechel und Walter 2022; Dunkelberg et al. 2021). Für die Umsetzung bzw. die Verknüpfung mit weiteren Themen der Stadtentwicklung spielt dabei die Kombination mit anderen (formellen und informellen) kommunalen Planungsinstrumenten wie energetischen Quartierskonzepten, Satzungen (z. B. Fernwärmesatzungen) und integrierten Stadtentwicklungskonzepten eine wichtige Rolle. Die kommunale Wärmeplanung hat eine Schnittstelle zur infrastrukturübergreifenden Netzplanung (Strom-, Gas-, Wärmenetze) sowie zur Weiterentwicklung des Gebäudebestands. Daher schließt die kommunale Wärmeplanung auch die Zusammenarbeit mit und Planungsprozesse von anderen Akteuren ein, wie etwa Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer sowie Fern- und Nahwärmeversorgern aus der Energiewirtschaft, die Dekarbonisierungsfahrpläne erstellen sollten (siehe [Maßnahmen 3-1](#), [3-2](#) und [3-3](#)).

Auf der Bundesebene wird laut Koalitionsvereinbarungen eine flächendeckende kommunale Wärmeplanung anvisiert (SPD et al. 2021), für die aktuell ein gesetzlicher Orientierungsrahmen geschaffen wird (BMWK 2022c). Seit November 2022 stehen auf Bundesebene attraktive Förderkonditionen für die Erstellung kommunaler Wärmepläne zur Verfügung²⁰⁰. Außerdem ist seit Anfang 2022 das Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende in Halle an der Saale tätig, welches Informations- und Beratungsangebote für Kommunen zur Verfügung stellt. Zudem werden kommunale Modellprojekte durch die Nationale Klimaschutzinitiative unterstützt. Das Land Brandenburg unterstützt Kommunen bei der kommunalen Wärmewende mit Datengrundlagen, die in einem Wärmekataster zusammengefasst werden, sowie über die Beratungsangebote der Energieagentur Brandenburg und die Beratungsstelle „Klimagerechte Kommune“ (BSKK) insbesondere bei der Erstellung und Umsetzung von energetischen Quartierskonzepten mittels Informations- und Beratungsangeboten sowie Veranstaltungen.

Um die Ziele im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen zu erreichen, müssen die Maßnahmen im Handlungsfeld auch zentrale **Zielkonflikte** und **Rahmenbedingungen** wie den **Fachkräftemangel** sowie **Akzeptanz** und **Sozialverträglichkeit** energetischer Sanierungen benennen (siehe [Maßnahmen 3-9](#), [3-10](#) und [3-11](#)). Der Bund ist aufgrund seiner Gesetzgebungskompetenz in besonderer Weise für die Sozialverträglichkeit verantwortlich. So hat die Ausgestaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen zur Modernisierungsumlage im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) einen großen Einfluss auf die Sozialverträglichkeit von energetischen Sanierungen aus Sicht der Mietenden. Hierauf kann das Land hinwirken. Zudem sollte das Land überall dort, wo es direkte Handlungsmöglichkeiten hat, seiner **Vorbildwirkung** gerecht werden (siehe [Maßnahme 3-4](#)). Auf der Bundesebene ist die Vorbildrolle der öffentlichen Hand unter anderem im GEG verankert.

Der kurze Überblick über die Handlungsschwerpunkte verdeutlicht, dass Regelungen und Vorhaben auf Bundesebene maßgeblich die Erreichung der Klimaziele im Gebäudesektor bestimmen und somit auch starken Einfluss auf die Entwicklung im Land Brandenburg haben. Das Land Brandenburg sollte sich daher strategisch und entschlossen dafür einsetzen, dass **auf Bundesebene unterstützende Rahmenbedingungen** für die Wärmewende auf Landes- und Kommunalebene geschaffen werden, vorhandene Instrumente angepasst und verschärft oder Maßnahmen und Instrumente neu eingeführt werden. Relevant sind hier insbesondere die geplanten Maßnahmen zur Verschärfung des GEG, die Ausweitung und Anpassung der BEG-Förderung und der Bundesförderung effiziente Wärmenetze, die Einführung eines Stufenmodells entsprechend der EU-Pläne sowie die Einführung eines Gebäude-Ressourcenpasses. Ein weiteres Thema, das auf Bundesebene angegangen werden sollte, ist die Einführung eines Verbots für den Einsatz von klimaschädlichen Kältemitteln in Wärmepumpen.

4.4.2 Maßnahmenvorschläge

In diesem Kapitel werden die Maßnahmen präsentiert, die für das Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen vorgeschlagen werden. Bevor die für den Klimaplan entwickelten Maßnahmen vorgestellt werden, wird in den folgenden Abschnitten ein Überblick über die Potenziale zur THG-Minderung in einzelnen Segmenten des Gebäudebestandes auf Basis der Ergebnisse des

²⁰⁰ Über die Bundesförderung können bis Ende 2023 90 % der Kosten gefördert werden, bei finanzschwachen Kommunen und Kommunen in Braunkohlefördergebieten sogar 100 %. Auch danach liegt die Förderhöhe noch bei 60 bzw. 80 % (BMWK 2022d)

Szenario I gegeben. Damit wird aufgezeigt, wo besonders große Hebel zur THG-Minderung liegen, die dann mit Maßnahmen zu flankieren sind, wenn sich die Zielwerte voraussichtlich nicht von allein einstellen werden. Im Anschluss daran wird mittels einer Tabelle und einigen übergreifenden Aspekten ein Überblick über die Maßnahmen gegeben, bevor dann abschließend die zwölf Maßnahmen jeweils mit einem Maßnahmenblatt umfassend präsentiert werden. Die Abschätzung der Potenziale zur THG-Minderung basiert auf den Entwicklungen des Szenario I (siehe Abschnitt 3.3.2). Tabelle 66 und Tabelle 67 zeigen zunächst auf, in welchem Umfang energetische Sanierungen und der Einbau klimaschonender Wärmeerzeugungsanlagen bis zum Jahr 2030 erfolgen müsste. Vor allem bei den zahlenmäßig dominierenden Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) werden im Zeitraum 2023 bis 2030 eine sehr große Zahl von Heizungswechseln stattfinden (siehe Tabelle 66). Wärmepumpen sind dann in der dezentralen Wärmeversorgung die dominante Wärmeerzeugungstechnologie. Bei den Mehrfamilienhäusern (MFH) und Nichtwohngebäuden (NWG) spielen Neuanschlüsse an Wärmenetze darüber hinaus eine sehr wichtige Rolle. Trotz der geringeren Anzahl an Anlagen ist das Potenzial zur THG-Minderung bei diesen Gebäuden groß, da sie aufgrund der Gebäudegröße deutlich höhere Wärmeverbräuche aufweisen. Es sind daher Maßnahmen wichtig, die die großen Potenziale, insbesondere bei den EZFH, adressieren – möglichst mit sofortiger Wirkung, um den Zeitraum bis zur geplanten Einführung einer EE-Nutzungsspflicht im Bestand im Rahmen der Novellierung des GEG zu überbrücken.

Tabelle 66: Anzahl neu eingebauter Heizungsanlagen nach Gebäudetyp im Zeitraum 2023-2030 (Szenario I)

Quelle: Eigene Berechnungen, gerundete Werte.

	Wärmepumpen	Anschlüsse Fern- und Nahwärme
EZFH	174.000	10.700
MFH	10.700	7.300
NWG	20.000	14.700

Die Zahlen zu den im Zeitraum 2023 bis 2030 energetisch sanierten und neu errichteten Gebäuden zeigen ebenfalls die große Bedeutung der EZFH in Brandenburg (siehe Tabelle 67). Dies bedeutet jedoch nicht, dass MFH und NWG weniger Aufmerksamkeit erhalten sollten. Denn schaut man sich die sanierten und neu errichteten Gebäude an, so wird deutlich, dass in Summe mehr Flächen in den größeren Gebäuden saniert und errichtet wurden als in EZFH. Die Maßnahmen müssen somit sowohl darauf abzielen, die zahlenmäßig dominierenden, meist selbstnutzenden EZFH-Eigentümerinnen und –Eigentümer zu erreichen, als auch die überwiegend vermietenden Eigentümerinnen und Eigentümer der MFH und NWG. Dies sind teils Privatpersonen, teils Wohnungsbaugesellschaften und private Wohnungsunternehmen. Die Maßnahmen müssen somit diese Zielgruppen und ihre Besonderheiten berücksichtigen.

Tabelle 67: Anzahl und Umfang der energetischen Sanierungen und Neubautätigkeiten im Zeitraum 2023-2030

Quelle: Eigene Berechnungen, gerundete Werte.

	Anzahl sanierter Gebäude	Umfang sanierte Gebäude [m ² Wohn- bzw. Nutzfläche]	Anzahl neu errichteter Gebäude	Umfang neu errichtete Gebäude [m ² Wohn- bzw. Nutzfläche]
EZFH	98.200	11.900.000	16.900	2.050.000
MFH	13.700	6.3200.000	1.400	644.000
NWG	12.700	7.190.000	4.100	2.330.000

In der Summe ergeben sich aus den Heizungswechseln und energetischen Sanierungen die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten **CO₂-Emissionen** in den Segmenten EZFH, MFH und NWG. Hier werden die Ergebnisse der Verursacherbilanz gewählt, da diese am besten mit der Logik des Handlungsfelds 3 übereinstimmen. Vor allem bei den EZFH lassen sich hohe absolute CO₂-Reduktionen erzielen, die auf den Wechsel von Gas und Heizöl zu Wärmepumpen in Kombination mit ambitionierten energetischen Sanierungen zurückzuführen sind. Bei den MFH und NWG sind die Reduktionen ebenfalls hoch, die prozentualen Rückgänge sogar noch deutlicher. Hier kommt der Wechsel von Gas und Heizöl zu Fern- und Nahwärme hinzu, die in 2030 mit 106 g CO₂/kWh einen geringen Emissionsfaktor aufweist. Bei den in der Tabelle aufgeführten Werten lässt sich nicht sauber trennen, welcher Teil der THG-Minderung auf die energetische Sanierung und welcher auf den Energieträgerwechsel zurückzuführen ist.²⁰¹ Die THG-Minderung, die mit den für den Klimaplan entwickelten Maßnahmen im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen erreicht wird, resultiert zudem nicht aus einer einzelnen Maßnahme. Es wirken vielmehr Maßnahmenbündel etwa aus Beratung, Förderung, planerischen und Verwaltungs-Tätigkeiten sowie dem Ordnungsrecht. Zudem werden die Einsparungen hier nicht zwischen den durch Maßnahmen auf der Landesebene und auf anderen Ebenen unterschieden, da dies zum einen methodisch im Regelfall schwer differenzierbar ist und zum zweiten hierfür ein eigenes Szenario zu erstellen wäre. Aus diesen Gründen kann keine valide Quantifizierung der THG-Minderung für einzelne Maßnahmen vorgenommen werden. Es wird stattdessen beschrieben, auf welche Weise die jeweilige Maßnahme auf die erforderliche Umsetzung der Erschließung einzelner Potenzialbereiche wirkt und welche Zielgruppen und Segmente im Gebäudebestand adressiert werden.

²⁰¹ Theoretisch könnte mit dem Gebäudemodell zwar ermittelt werden, wie hoch die CO₂-Einsparungen wären, wenn nur ein Heizungswechsel stattfinden oder nur energetisch saniert werden würde. Diese Werte könnten aber nicht aufsummiert werden, da dadurch eine deutliche Überschätzung des Gesamteffekts stattfände, denn wenn die Energieverbräuche nicht sinken, hätte ein Energieträgerwechsel deutlich höhere Einsparpotenziale – ebenso andersherum.

Tabelle 68: CO₂-Emissionen durch Raumwärme- und Warmwasser in 2018 und 2030 in den Segmenten EZFH, MFH und NWG nach Verursacherbilanz (Szenario I)

Quelle: Eigene Berechnungen.

In Mt CO ₂	EZFH	MFH	NWG	Summe
2018	2,44	1,32	1,69	5,45
2030	1,11	0,60	0,74	2,45
Reduktion ggü. 2018	54 %	55 %	57 %	55 %

Das Land Brandenburg kann und sollte im Landesrecht einen **Rechtsrahmen** schaffen (siehe [HF 8-1](#)), der dazu beiträgt, dass die Klimaschutzziele im Gebäudesektor erreicht werden und allen Betroffenen und Beteiligten wie etwa den Kommunen, den Energieversorgern und Wohnungsunternehmen Planungssicherheit ermöglicht. Darüber hinaus kann und sollte das Land die erforderliche Transformation vor allem **beratend und informierend** durch ergänzende **Förderungen** sowie durch geeignete Maßnahmen in der Verwaltung in Bezug auf die **Genehmigungsprozesse und den Vollzug** unterstützen.

Wie Tabelle 69 zeigt, werden insgesamt **zwölf Maßnahmen(bündel)** für das Handlungsfeld vorgeschlagen. Die Zuordnung zu den Handlungsschwerpunkten macht deutlich, dass die meisten Maßnahmen mehrere von diesen adressieren. Zudem ist dargestellt, inwiefern die Maßnahmen die Segmente EZFH, MFH und NWG adressieren und ob diese eine hohe Relevanz für Kommunen haben.

Die Maßnahmenentwicklung erfolgte unter Berücksichtigung von Anregungen und Einschätzungen aus dem **Beteiligungsprozess** zum Klimaplan. Aus diesen Rückmeldungen sowie den vielfältigen Anmerkungen der Online-Beteiligung wurden Ergänzungen und Anpassungen an den Maßnahmenentwürfen vorgenommen, die in die nachfolgenden Maßnahmenvorschläge eingeflossen sind. Viele Vorschläge (insbesondere aus der Online-Beteiligung) haben eine hohe Überschneidung mit bereits existierenden Vorschlägen oder es handelte sich nicht um konkrete Maßnahmenvorschläge, sondern Ziele, Plädoyers und Meinungen. Zudem sind die eingereichten Vorschläge teilweise bereits in geplanten Bundesregelungen enthalten oder sind vorrangig als Klimaanpassungsmaßnahmen zu verstehen. Ein Beispiel für Vorschläge, die in die nachfolgenden Maßnahmenvorschläge übernommen wurden, ist die Clearingstelle als eine Anregung aus dem zweiten Stakeholder-Workshop (siehe [Maßnahme 3-9](#)). Zudem gab es bei diesem Workshop sehr viele Anregungen zum Thema Fachkräfteaufbau und Qualifizierung, die übernommen wurden. Bei der Online-Beteiligung bezogen sich viele Vorschläge auf das Thema nachhaltiges Bauen und Sanieren, die in [Maßnahme 3-8](#) aufgegriffen wurden.

Da die Wärmewende vor allem auf lokaler Ebene und damit in den **Kommunen** stattfindet, sind die Kommunen in Brandenburg für die Wärmewende eine entscheidende Handlungsebene. Daher betreffen viele der für den Klimaplan entwickelten Maßnahmen die Kommunen. In Brandenburg als Flächenland unterscheiden sich die Potenziale, erneuerbare Wärme und Abwärme zu nutzen, die Gebäudesubstanz und die Eigentumsstruktur von Kommune zu Kommune. Auch die Zielgruppen und Stakeholder, die die Wärmewende gestalten und beeinflussen, sind jeweils andere. So wird hier empfohlen, größere Städte zur Wärmeplanung zu verpflichten (siehe [Maßnahme 3-1](#)), kleinere Kommunen sollten hingegen Förderungen für die Erstellung von kommunalen Wärmeplänen erhalten und diese auch im Zusammenschluss bzw. Konvoi mehrerer kleiner

Gemeinden erstellen können. Das Land Brandenburg sollte vor allem Kommunen durch einen sicheren Rechtsrahmen, die Bereitstellung von Ressourcen und Personal (siehe [Maßnahme 3-1](#) und [3-2](#)), Daten (siehe [Maßnahme 3-3](#)) sowie Information und Beratung (siehe [Maßnahme 3-6](#)), dabei unterstützen, die Wärmewende vor Ort gemeinsam mit den Stadt- oder Kreiswerken und anderen Energieversorgungsunternehmen, den unterschiedlichen Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern (Privatpersonen, kommunale Wohnungsunternehmen, Genossenschaften, etc.), den Energieberaterinnen und -beratern, Schornsteinfegerinnen und Schornsteinfegern, dem Handwerk und vielen anderen Akteuren umzusetzen und zu gestalten.

Tabelle 69: Maßnahmenübersicht im Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen und Wohnen

Quelle: Eigene Darstellung.

Nr.	Maßnahme - Kurztitel	Kommunen	Segmente			Handlungsschwerpunkt		
			EZFH	MFH	NWG	HS 1	HS 2	HS 3
3-1	Rechtsrahmen für die Wärmewende und kommunale Wärmeplanung	X	(X)	(X)	X	X		X
3-2	Ressourcen für die Umsetzung der Wärmewende und Wärmeplanung	X		X	X	(X)	(X)	X
3-3	Daten und Fachgutachten für die Wärmeplanung und Dekarbonisierung der Wärmenetze	X		X	X	X		X
3-4	Vorbildwirkung Landesliegenschaften				X	X	X	
3-5	Verbesserung Vollzug und Genehmigungsverfahren	(X)	X	X	X	X	X	X
3-6	Ausbau von Informations- und Beratungsangeboten	X	X	(X)	(X)	X	X	
3-7	Einführung neuer landeseigener Förderungen		X	X	X	X	X	X
3-8	Ressourcenschonendes Bauen und Sanieren		X	X	X		X	
3-9	Qualifizierung und Qualitätssicherung		X	X	X	X	X	
3-10	Fachkräfteausbau		X	X	X	X	X	(X)
3-11	Sozialverträglichkeit energetische Sanierungen			X		(X)	X	
3-12	Klimaschutzvereinbarungen			X	X	X	X	

Die im Folgenden aufgeführten **Maßnahmenblätter** beschreiben Ziel und Inhalte der Maßnahme sowie die Wirkungsweise, Nutzen und Aufwand, die mit der Maßnahme einhergehen.

4.4.2.1 HF 3-1: Schaffung eines Rechtsrahmens für die Wärmewende und die kommunale Wärmeplanung auf Landesebene

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Die Maßnahme sorgt dafür, dass auf Landesebene ein verbindlicher Rechtsrahmen für die Wärmewende geschaffen wird, etwa in dem Brandenburger Klimaschutzgesetz (siehe [HF 8-1](#)). Er stellt sicher, dass der vom Bundesgesetzgeber vorgegebene Orientierungsrahmen und die für die Zielerreichung erforderlichen Maßnahmen durch die adressierten Akteure wie die Kommunen oder auch die Energieversorgungsunternehmen ausgestaltet und konkretisiert werden.

Inhalt der Maßnahme:

Einführung von Pflichten, die verschiedene Handlungsschwerpunkte adressieren:

1. Verpflichtung zur kommunalen Wärmeplanung

Die größeren Städte in Brandenburg werden verpflichtet, einen kommunalen Wärmeplan aufzustellen. Im Land Baden-Württemberg sind beispielsweise die großen Kreisstädte zur Erstellung von Wärmeplänen verpflichtet²⁰². Gegebenenfalls ist eine thematische Differenzierung je nach Wärmestruktur der Kommune vorzunehmen. Eine Verpflichtung zur Wärmeplanung wird auf Bundesebene erwartet, so dass abhängig von der Formulierung im Bundesgesetz auf Landesebene Ergänzungen vorgenommen werden können oder müssen.

2. Verpflichtung zur Datenlieferung (u. a. Fernwärmebetreiber, Energieversorger)

Energieversorgungsunternehmen, Gewerbebetriebe, Schornsteinfegerinnen und Schornsteinfeger sowie öffentliche Stellen sollten verpflichtet werden, der Gemeinde auf Anforderung vorhandene Daten, soweit dies zur Erstellung kommunaler Wärmepläne erforderlich ist, zu übermitteln.

3. Verpflichtung der Netzbetreiber Dekarbonisierungs- bzw. Transformationsfahrpläne zu erstellen mit Mindestanteilen an Erneuerbaren Energien und Abwärme

Betreiber allgemeiner Wärmeversorgungsnetze werden verpflichtet, für ihre Wärmenetze Dekarbonisierungsfahrpläne bzw. Transformationspläne aufzustellen, die an dem Ziel einer CO₂-freien Fernwärmeversorgung spätestens zwischen den Jahren 2040 und 2045 ausgerichtet sind. Für 2030 sollte ein Zwischenziel formuliert werden (50 Prozent EE und Abwärme)²⁰³. Die Transformationspläne sollen auch die Verbraucherseite berücksichtigen bzw. darauf eingehen, wo und ggf. mit welchen Maßnahmen eine Ausweitung und Nachverdichtung der Fernwärme vorgesehen ist. Dies betrifft vor allem den Anschluss von Bestandsgebäuden an die Fernwärme, die für die Zielerreichung in beiden Szenarien erforderlich ist.

4. Verpflichtung der Betreiber allgemeiner Wärmeversorgungsnetze zur Prüfung der Abnahme von EE-Wärme und Abwärme von Dritten (Vorrang klimaschonender Wärme)

Betreiber allgemeiner Wärmeversorgungsnetze werden verpflichtet zu prüfen, ob Anlagen in räumlicher Nähe, die klimaschonende Wärme erzeugen, auf Verlangen des Anlagenbetreibers an ihr Wärmeversorgungsnetz angeschlossen werden können²⁰⁴. Es muss öffentlich begründet werden, falls ein Anschluss nicht sinnvoll bzw. möglich ist (Kriterien können sich u. a. auf die Wirtschaftlichkeit, die räumliche Nähe oder die Zusammensetzung des eigenen Erzeugerparcs bzw. eine etwaige Verdrängung klimaschonender Wärme beziehen).

²⁰² Das Land Baden-Württemberg verpflichtet über das Klimaschutzgesetz (KSG BW) die Stadtkreise und Großen Kreisstädte zur Erstellung und Fortschreibung eines kommunalen Wärmeplans, für die als Zielszenario Klimaneutralität in 2040 gilt (UM BWL 2020). Im Land Brandenburg wären das bei gleicher Formulierung die Städte Cottbus, Brandenburg an der Havel, Frankfurt (Oder) und Potsdam. Die Erstellung von kommunalen Wärmeplänen wird auf Bundesebene in 2023 mit bis zu 100 % der förderfähigen Gesamtausgaben und in 2024 mit bis zu 80 % gefördert.

²⁰³ Thüringen und Berlin verpflichten im Klimaschutzgesetz Thüringen (ThürKlimaG 2018) bzw. im Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln 2016) die Wärmenetzbetreiber derartige Pläne bzw. Konzepte vorzulegen. Die Rechtsnormen können somit als Vorlage dienen.

²⁰⁴ Zu Kriterien wie räumlicher Nähe, nicht geringfügige Mengen an Wärme und wirtschaftlicher Unzumutbarkeit finden sich Hinweise im Berliner Energiewendegesetz EWG § 23, die Details bzw. Vorgaben sollen in Berlin in einer Rechtsverordnung festgelegt werden (EWG Bln 2016). Diese liegt bislang noch nicht vor.

5. Pflicht zur effizienten Nutzung von Abwärme in Industrie und Gewerbe

(Kaskade: Vermeidung, interne Nutzung, externe Nutzung, siehe HF Industrie)

6. Solarpflichten einführen für PV und Solarthermie als Erfüllungsoption

Es wird eine Pflicht zur Installation und zum Betrieb von PV-Anlagen eingeführt für Neubauten und für Bestandsgebäude im Falle von wesentlichen Sanierungen des Daches. Sinnvoll ist dabei eine Beschränkung der Pflicht auf Gebäude mit einer Mindest-Nutzungsfläche

(z. B. von mehr als 50 Quadratmeter, siehe Solargesetz Berlin (Solargesetz Berlin 2021)).

Die Pflicht sollte eine Regelung zur wirtschaftlichen Zumutbarkeit sowie für Härtefälle enthalten (siehe auch [HF 1-5](#)).

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Handlungsschwerpunkte Kommunale Wärmewende und Klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren sowie Dekarbonisierung von Fern- und Nahwärme

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Rechtsetzung

Rechtsrahmen: Im Rahmen eines Brandenburger Klimaschutzgesetzes oder eines spezifischen Landeswärme(wende)gesetzes.

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land Brandenburg.

Mitwirkungsbedarf: MLUK, MWAE, MIL

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: kurzfristig (Erstellung) bis mittelfristig (regelmäßige Überprüfung bzw. Monitoring)

Zielgruppe

Kommunen (vor allem kreisfreie Städte sowie weitere größere Städte), Unternehmen: Energieversorgungsunternehmen und Infrastrukturbetreiber wie u. a. Stadtwerke, Wärmenetzbetreiber, Gasnetzbetreiber, Ver- und Entsorgungsunternehmen (wie Wasserver- und -entsorgungsunternehmen, Abfallentsorgungsunternehmen), Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern

THG-Minderung

Der Rechtsrahmen zielt auf die Umsetzung sehr unterschiedlicher Maßnahmen ab. Die Wirkung entfaltet sich dabei erst mit der Umsetzung der Pflichten und in Kombination mit anderen Maßnahmen wie Beratung und Förderung. Viele Maßnahmen, insbesondere solche, die auf die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung abzielen, gehen mit einer mehrjährigen Umsetzung einher und sind überwiegend mittel- bis langfristig wirksam. Die Klimaschutzwirkung ergibt sich somit sukzessive. Die Punkte 1. und 2. zielen auf die Umsetzung einer Kommunalen Wärmeplanung ab und wirken daher eher indirekt und lokal. Die Punkte 3. bis 5. wirken auf die Dekarbonisierung der Fern- und Nahwärme hin. Zwischen 2018 und 2030 reduziert sich in Szenario I der CO_{2e}-Emissionsfaktor von Fern- und Nahwärme von 245 auf 106 g/kWh. Ein verbindlicher Rechtsrahmen soll maßgeblich zu dieser Reduktion beitragen. Zugleich soll der Verbrauch von Fern- und Nahwärme zu Lasten des Gas- und Ölverbrauchs steigen. Punkt 6. zielt auf den Ausbau von PV-Anlagen ab. Wird davon ausgegangen, dass 90 Prozent der umfassend sanierten Gebäude sowie jedes neu errichtete Gebäude mit einer PV-Anlage ausgestattet wird, so kann der jährlich über PV-Dachanlagen produzierte Strom auf etwa 2.900 TJ abgeschätzt werden (Annahmen: 40 m² pro Gebäude 150 kWh/m²).

Nutzen

Direkter Nutzen: Rechtsicherheit, Planbarkeit für alle Beteiligten in der Umsetzung (Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer, Handwerksbetriebe etc.).

Indirekter Nutzen: Regionale Wertschöpfung bei der Umsetzung der Maßnahmen.

Aufwand

Direkter Aufwand: Es entsteht ein einmaliger direkter Personalaufwand für die Erstellung des Rechtsrahmens ggf. ergänzt durch juristische Beratungen zu spezifischen Fragestellungen. Zudem resultiert die unter Punkt 1. aufgeführte Verpflichtung zur Wärmeplanung in Aufwendungen des Landes Brandenburg, um den Mehraufwand der Kommunen zu finanzieren (Prinzip der Konnexität). Das Geld erhält das Land unter Umständen vom Bund – abhängig von den Regelungen zur kommunalen Wärmeplanung auf Bundesebene. Im Anschluss an die Erstellung des Rechts-

rahmens entsteht für die öffentliche Hand ein Aufwand für den Vollzug der Umsetzung der Pflichten (Punkte 1. bis 5. durch MIL, 6. durch Kommunen). Das Prinzip der Konnexität gilt auch für die Übertragung für Vollzugsaufgaben. Auch ein Monitoring geht mit direkten Kosten einher.

Indirekter Aufwand: Bei den Kommunen fallen Personalkosten für die Erstellung und Fortschreibung der Wärmepläne an und bei den Energieversorgungsunternehmen, Gewerbetreibenden und die Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern fallen Investitionskosten für u. a. Wärmeerzeugungsanlagen und PV-Anlagen an. Diese können teilweise durch Energiekosteneinsparungen oder die Umlage auf Mietende refinanziert werden bzw. stehen unter dem Vorbehalt der wirtschaftlichen Zumutbarkeit.

4.4.2.2 HF 3-2: Bereitstellung der Ressourcen für die Umsetzung der Wärmewende und die kommunale Wärmeplanung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Die Maßnahme sorgt dafür, dass die für die Umsetzung der Wärmewende und die kommunale Wärmeplanung erforderlichen Ressourcen im Sinne von Personal und Know-how auf Landes- und Kommunalebene geschaffen werden.

Inhalt der Maßnahme:

Die Bereitstellung der Ressourcen erfolgt a) für das Land Brandenburg, b) für die Kommunen sowie c) in Form von Leitfäden und Beratungsangeboten für die Kommunen:

1. **Bereitstellung der Ressourcen für die inhaltliche Begleitung und die verwaltungs- und kommunenübergreifende Koordination auf Landesebene**
 - Klärung und Verortung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten (z. B. zwischen Ressorts, Energie- und Klimaschutzagentur, Kommunen) sowie Stärkung der verwaltungs- bzw. ressort- und kommunenübergreifenden Zusammenarbeit im Land. Zu den Aufgaben für die Landesebene zählen:
 - Regelmäßige runde Tische zu Umsetzungsfragen und -problemen der Wärmewende, u. a. mit Kommunalvertretungen, Energieversorgungsunternehmen (EVU), Immobilienwirtschaft.
 - Strategieentwicklung auf Landesebene zur Erstellung von Wärmeplänen als Grundlage für die Beratung der Kommunen, u. a. zur Frage, in welchen Fällen eine Erstellung von Wärmeplänen im Konvoi sinnvoll ist und welche Themenschwerpunkte abhängig von der jeweiligen Struktur der Kommune gesetzt werden sollten.
 - Koordination einer infrastrukturübergreifenden Netzplanung (Wärme-, Gas- und Stromnetze) und Strategieentwicklung zum Thema Transformation und Rückbau von Gasnetzen (inklusive Empfehlungen zur Transformation der Gasnetze, ihres partiellen Rückbaus sowie zur instrumentellen Ausgestaltung des Rückbaus).
 - Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende der dena (KWW), um Best Practice-Erfahrungen aus anderen Bundesländern, Informationsmaterialien und Beratungsangebote einbinden zu können.
 - Stärkung der Beratungsagentur des Landes bzw. Erweiterung zu einer Energie- und Klimaschutzagentur zur Unterstützung der Kommunen bei der Umsetzung (siehe Punkt c)
2. **Bereitstellung von Ressourcen für die Einrichtung kommunaler Stellen**
 - Einrichtung bzw. Verstetigung von Klimaschutzmanagement (KSM) als Stabstelle in den Kommunen, Ausbildung von Fachpersonal für Nachhaltiges Bauen (BNB), angemessene Entlohnung der Stellen (auch von Energiemanagement (EM), Nachhaltigkeitsmanagement (NM)). Aufgaben dieser zusätzlichen Stellen sind die Durchführung einer Bestandsaufnahme zu allen öffentlichen Gebäuden der Kommune sowie die Erstellung von Sanierungsfahrplänen.
 - Weiterbildung des Personals in der Verwaltung in den Kommunen zu den Themen kommunale Wärmeplanung und Umsetzung der Wärmewende (u. a. in den Bereichen Finanzen, Tiefbau, Hochbau etc.)

3. Bereitstellung von Informationsmaterial und Beratungsangeboten für die Umsetzung der Wärmewende auf kommunaler Ebene

- Empfehlungen und Beratung der Kommunen zu den folgenden Themen:
 - Neustrukturierung und -organisation der Verwaltung
 - Umsetzung der Vorbildwirkung öffentlicher Liegenschaften
 - Aufbau runder Tische auf kommunaler Ebene
 - Erstellung von Wärmeplänen: Bezugsräume (einzeln oder Konvoi), inhaltliche Foki
 - Rückbau von Gasnetzen (inkl. Instrumente)
 - Erschließung der Potenziale zur Dekarbonisierung der Fern- und Nahwärme unter enger Einbindung der örtlichen EVU (z. B. Stadtwerke)
- Möglichkeiten der Bauleitplanung
 - Klärung der Möglichkeiten von Verbrennungsverboten und -beschränkungen, auch für Gas- und Biomassekessel, in ausgewählten Gebieten (zu klären insbesondere für Bestandsgebiete)
 - Standortbereitstellung für Energieerzeugungsanlagen (z. B. Groß-Wärmepumpen)
 - Ansiedelung von Gewerbe mit Abwärme in Gebieten mit Wärmenetzen
- Einsatz von Anschluss- und Benutzungszwang
- Unterstützung einer systematischen Quartiersentwicklung über die Weiterführung und Weiterentwicklung der Beratung zu Fragen der Quartiersentwicklung und Umsetzung
 - Fördermittelberatung, Prozessgestaltung, Contracting
 - Leitfäden für Kommunen (z. B. zu Contracting, Vergabe Quartiersprojekte, Quartierswärme um Keimzellen, Sanierungsgebiete mit energetischem Schwerpunkt)
 - Aufarbeitung / Dokumentation erfolgreicher Quartiersprojekte inkl. Besichtigungen

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Alle Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen, Wohnen; vor allem Kommunale Wärmewende

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Planung/Planungsverfahren, Personal, Bildung und Qualifizierung, Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen: Ausgaben für Personalaufwand müssen bei der Erstellung der Haushaltspläne berücksichtigt werden.

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: MLUK, MIL, MWAE, Energie- und Klimaschutzagentur

Mitwirkungsbedarf: Mitwirkung der Ministerien mit inhaltlichen Bezügen zu Wohnen, Bauen und Energieversorgung, Mitwirkung der Kommunen in Bezug auf ihre Personalplanung.

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: mittel- bis langfristig

Zielgruppe

Landesministerien, Kommunen, Energie- und Klimaschutzagentur

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung: Die Bereitstellung der Ressourcen und des Personals geht nicht mit einer direkten THG-Minderung einher.

Qualitative Argumentation: Die Bereitstellung der Ressourcen und des Personals auf Landes- und Kommunalebene ist zentrale Voraussetzung für die Umsetzung zahlreicher Klimaschutzmaßnahmen im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen. Eine THG-Minderung tritt nicht direkt ein, sondern geht erst mit den Tätigkeiten des Personals und den letztlich häufig durch Dritte (EVU, Kommunen etc.) umgesetzten Maßnahmen einher.

Nutzen

Direkter Nutzen: Koordination zwischen den Ministerien, Einheitliches Vorgehen in den Kommunen (wo sinnvoll und möglich), Wissenstransfer und Verbreitung von Best Practice-Ansätzen

Indirekter Nutzen: Durch geschultes, ausreichendes Personal und Wissenstransfer können betriebs- und volkswirtschaftlich rentable Lösungen auf effiziente Art und Weise zur Umsetzung gelangen und zur lokalen Wertschöpfung beitragen.

Aufwand

Direkter Aufwand: Es entstehen jährliche Ausgaben für die Bereitstellung des Personals auf Landes- und Kommunalebene sowie einmalig Ausgaben für die Erstellung von Leitfäden etc.

- 3-2.1: Personal auf Landesebene: in Summe ca. 3 bis 5 Stellen (VZÄ).
- 3-2.2: Personal auf Kommunalebene: Die erforderliche Stellenanzahl ergibt sich erst aus der unter 3-2.1 aufgeführten Strategie. Die einmalige Erstellung der Wärmepläne soll gefördert werden (siehe [Maßnahme 3-7](#)).
- 3-2.3: Personal Energie- und Klimaschutzagentur des Landes: 1 VZÄ, für die Koordination der Beratung der Kommunen, Erstellung von mehreren Leitfäden durch die Energie- und Klimaschutzagentur des Landes: in Summe ca. 200.000 bis 400.000 Euro einmalig.

Indirekter Aufwand: Bei Dritten wie EVU entsteht ein Aufwand durch die Mitwirkung an bzw. Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen (etwa infrastrukturübergreifende Netzplanung).

4.4.2.3 HF 3-3: Bereitstellung von Daten und Fachgutachten für die kommunale Wärmeplanung und Dekarbonisierung der Wärmenetze

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Die Maßnahme sorgt dafür, dass die für die kommunale Wärmeplanung und die Dekarbonisierung der Wärmenetze erforderliche Datengrundlage auf Landesebene geschaffen wird. Dies stellt die Basis dar, die bei Bedarf durch weiterführende und detailliertere Daten auf kommunaler bzw. lokaler Ebene ergänzt werden kann und muss, z. B. zum Sanierungszustand und der Eigentumsstruktur der Gebäude aber auch zur Abwasserwärme.

Inhalt der Maßnahme:

Auf der Ebene des Landes Brandenburg sollen a) eine Daten- und Kartengrundlage geschaffen werden für die Wärmeplanung und Wärmenetzdekarbonisierung sowie b) vertiefende Fachgutachten zur Potenzialabschätzung und -ausschöpfung erstellt werden. Einige relevante Daten wie ein Solarkataster liegen bereits vor²⁰⁵, andere befinden sich in Erstellung (zum Beispiel Wärmekataster).

- 1. Bereitstellung von Daten und Kartenmaterial für die kommunale Wärmeplanung und Dekarbonisierung der Wärmenetze auf Landesebene:**
 - Wärmekataster (in Erstellung)
 - Abwärmekataster
 - Geothermiepotenziale und Restriktionen für die Erschließung (liegt teils vor²⁰⁶)
 - Abwasserwärmekataster (nur für größere Städte, etwa mit mehr als 100.000 EW)
- 2. Erstellung bzw. Beauftragung von Fachgutachten zu Potenzialen und Nutzungsstrategien sowie Erstellung einer Roadmap, vor allem zu folgenden Themen (siehe auch [HF 1-5](#)):**
 - Tiefe Geothermie inkl. Restriktionen für die Erschließung
 - Wärmespeicherung (insbesondere im Untergrund - Eisspeicher)
 - Wärme aus Oberflächengewässern
 - Gewerbliche und industrielle Abwärme
 - Abwasserwärmerückgewinnung
 - Wind- und PV-Wärme im Zusammenspiel mit HF Energie und Wasserstoffwirtschaft
- 3. Bekanntmachungsmaßnahmen und Schulungen für eine breite praktische Nutzung:** Zusammenführung/Verlinkung aller für eine Wärmeplanung relevanten Daten, Karten und Gutachten auf einer Website zum Thema Wärmeplanung

²⁰⁵ Der Solaratlas ist zu finden unter: <https://solaratlas-brandenburg.de/cms/inhalte/meine-kommune/dachflaechen/position/52.473.13.229.8> [14.6.2022].

²⁰⁶ Informationen zu Geothermiepotenzialen finden sich unter: <https://geo.brandenburg.de/?page=Geothermieportal> [14.6.2022].

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: vor allem die HS Kommunale Wärmewende, Klima-neutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren und Dekarbonisierung von Fern- und Nahwärme

Kategorie

Kategorien: Planung/Planungsverfahren, Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen: Es sollte für die Datenerhebung und -überlieferung von Dritten an das Land Brandenburg oder die Kommunen eine Rechtsgrundlage geschaffen werden.

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: MWAE, MIL, MLUK, Energie- und Klimaschutzagentur

Mitwirkungsbedarf: Mitwirkung der Ministerien mit inhaltlichen Bezügen zu Wohnen, Bauen und Energieversorgung, u. U. Mitwirkung der Kommunen sowie von Dienstleistern.

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: mittel- bis langfristig (Pflege und Aktualisierung der Daten und Karten)

Zielgruppe

Landesministerien, Kommunen, Energie- und Klimaschutzagentur

THG-Minderung

Die Bereitstellung der Daten und Fachgutachten geht nicht mit einer direkten THG-Minderung einher. Sie stellt jedoch die Grundlage für die Erstellung kommunaler Wärmepläne sowie für die Erstellung von Dekarbonisierungsfahrplänen durch die Wärmenetzbetreiber dar. Eine Quantifizierung der THG-Minderung durch die kommunale Wärmeplanung ist aufgrund der indirekten und stark lokal geprägten Wirkungsweise nicht sinnvoll. Zwischen 2018 und 2030 reduziert sich der CO_{2e}-Emissionsfaktor von Fern- und Nahwärme von 245 auf 106 g/kWh. Die Bereitstellung der Datengrundlage und von Fachgutachten trägt hierzu indirekt bei.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahme ermöglicht die Wärmeplanung durch die Kommunen sowie durch Dritte, etwa Energieversorger (z. B. Erstellung der Dekarbonisierungsfahrpläne).

Indirekter Nutzen: Die Maßnahme trägt dazu bei, dass kosteneffiziente Lösungen für eine klima-neutrale Wärmeversorgung gefunden werden und entsprechende Investitionen in den Klimaschutz und die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung getätigt werden. Dies führt indirekt zu regionaler Wertschöpfung durch die Umsetzung der Maßnahmen.

Aufwand

Direkter Aufwand: Es entsteht ein einmaliger Aufwand zu Erhebung und Aufbereitung der Daten sowie die Kartenerstellung und die Erstellung der Fachgutachten. Mittelfristig entsteht ein vergleichsweise geringer Aufwand zu Pflege und Aktualisierung des Daten- und Kartenmaterials.

- 3-3.1: Daten und Karten: Für die Erstellung und Aktualisierung eines Wärmekatasters entstehen auf Seiten des Landes Ausgaben in Form von Personalaufwand und die Beschaffung von Dienstleistungen. Für die Aktualisierung und Fortschreibung ist nach der Erstellung mit einem geringeren dauerhaften Aufwand zu rechnen. Bis zum Jahr 2030 ergeben sich in etwa Gesamtkosten in der Höhe von 500.000 bis 1.000.000 Euro für den Personalaufwand und die Dienstleistungen wie Daten- und Infrastrukturbereitstellung.
- 3-3.2: Fachgutachten: einmalige Ausgaben bis zu einer Höhe von etwa 300.000 bis 600.000 Euro für die Erstellung verschiedener Fachgutachten und der Roadmap.
- 3-3.3: Einmaliger geringer IT-Aufwand zur Erstellung einer Website zu Wärmeplanung und Verlinkung der Daten, Karten und Fachgutachten sowie ggf. Erläuterungs- und Schulungsmaterialien. Regelmäßiger Personalaufwand zur Durchführung von Schulungen.

Indirekter Aufwand: Bei Dritten wie EVU, Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer etc. entsteht ein Aufwand durch die Mitwirkung durch Datenbereitstellung und letztlich durch die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen wie etwa der Erstellung der Dekarbonisierungsfahrpläne.

4.4.2.4 HF 3-4: Vorbildwirkung Landesliegenschaften

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Das Land hat den direkten Zugriff auf die Landesliegenschaften und sollte bei diesen ehrgeizigen Klimaschutzmaßnahmen umsetzen und damit ein Vorbild für andere Eigentümerinnen und Eigentümer im Land sein. Deshalb sollten für diese Liegenschaften rechtlich Mindeststandards und Pflichten beispielsweise in einem Landes-Klimaschutzgesetz festgelegt werden.

Inhalt der Maßnahme

1. Sanierungsfahrplan für die Landesliegenschaften

Das Land stellt sicher, dass bis 2040 alle Landesliegenschaften einen sehr geringen Energieverbrauch aufweisen. Es erfolgt zeitnah eine Bestandsaufnahme des energetischen Zustands aller Landesliegenschaften und die Erstellung eines Plans zur Sanierung der Liegenschaften. Es ist davon auszugehen, dass fast alle Liegenschaften umfassend energetisch saniert werden müssen. Zudem wird für alle Liegenschaften ein Energiemanagement eingeführt, das sicherstellt, dass der Verbrauch erfasst und überwacht wird und die Sanierungs- und Energieverbrauchsziele erreicht werden.

2. Anforderungen an Sanieren und Bauen sowie Heizungswechsel bei Landesliegenschaften

Um bis 2040 einen möglichst klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, sollen möglichst ab sofort die folgenden Mindeststandards berücksichtigt werden. Spätestens ab 2024 sollten diese rechtlich verankert sein. Genannt werden hier jeweils Mindeststandards; die Möglichkeiten, höhere Standards zu erzielen und klimapositiv zu bauen bzw. zu sanieren und eine vollständige Versorgung durch Erneuerbare Energien sollte jeweils geprüft werden.

a. Anforderungen an die Sanierungstiefe

Bei allen größeren Modernisierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen sollte der Mindeststandard für ein Effizienzhaus 55 eingehalten werden.

b. Anforderungen an den Neubaustandard

Es sollten alle Neubauten in Landesbesitz mindestens nach Effizienzhaus 40 Standard errichtet werden. Ein besserer Standard sollte angestrebt werden.

c. Mindestanteil Erneuerbare Energien und Mitversorgung anderer Gebäude

Beim Heizungstausch sollte ein Mindestanteil an Erneuerbaren Energien von mindestens 65 Prozent gelten sowie eine Prüfpflicht für die Mitversorgung umliegender Gebäude. Der Einsatz von Holz sollte möglichst begrenzt werden (siehe auch [HF 1-5](#)).

d. Nachhaltiges Bauen

Bei Sanierungen und Neubauten wird eine Verpflichtung zur Bewertung und Reduktion von indirekten CO₂-Emissionen durch das Bauvorhaben und die Baumaterialien eingeführt. Geprüft werden sollte die Bevorzugung nachwachsender Rohstoffe und der Ausschluss von Baumaterialien mit hohen THG-Wirkungen oder anderen ökologischen Nachteilen.

3. Solarpflicht

Ergänzend zu der landesweiten Solarpflicht sollte geprüft werden, ob für die landeseigenen Gebäude darüber hinaus gehende Regelungen zur Größe der Solaranlagen sowie zur Installation auch unabhängig von einer Dacherneuerung eingeführt werden (siehe auch [Maßnahme 1-4](#)).

Darüber hinaus wirkt das Land darauf hin, dass auch bei den öffentlichen Gebäuden kommunaler Gebietskörperschaften im Land möglichst diese Standards eingehalten werden. Die festgelegten Standards sollten nach spätestens 5 Jahren überprüft und ggf. angepasst werden.

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Es werden alle Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen, Wohnen adressiert.

Die Maßnahme ist Teil der übergreifenden Maßnahme „Vorbildrolle öffentliche Hand“ ([Maßnahme 8-2](#)).

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Rechtsetzung, Planung

Rechtsrahmen: Festlegung in Klimaschutzgesetz oder in anderem Gesetz

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (MLUK, MdFE), BLB

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: mittel- bis langfristig

Zielgruppe

Land; indirekt Nachahmung durch weitere Eigentümerinnen und Eigentümer

THG-Minderung

Der direkte Klimaschutzbeitrag ist gering, da die Landesliegenschaften nur einen sehr geringen Anteil am Gebäudebestand in Brandenburg haben. Wichtig ist aber die Vorbildwirkung auch für die Glaubwürdigkeit der Landes-Klimaschutzpolitik.

Nutzen

Direkter Nutzen: Energiekosteneinsparung, Verbesserung der Arbeitsbedingungen der Landesbeschäftigten

Indirekter Nutzen: Die Maßnahme kann zu mehr regionaler Wertschöpfung und Beschäftigung beitragen.

Aufwand

Direkter Aufwand

Durch die Sanierung der Landesliegenschaften entstehen für das Land hohe, teilweise zusätzliche Kosten. Ausgehend davon, dass bis 2030 500.000 m² NGF in Landesliegenschaften umfassend energetisch saniert werden (die BLB verwaltet nach eigenen Angaben mehr als 1 Mio. m²) und ausgehend von Investitionskosten von 1.000 Euro pro m² NGF würde ein Investitionsbedarf von 500 Mio. Euro²⁰⁷ entstehen. Diesen Investitionen stehen in den Folgejahren Energiekosteneinsparungen gegenüber. Zudem handelt es sich hier um Gesamtkosten, die auch Kosten für Instandhaltung und Instandsetzung mit umfassen, die teilweise bereits ohnehin eingeplant sein sollten. Der Mehraufwand, der durch die höheren Anforderungen an die Sanierungsrate und -tiefe sowie die Qualität entsteht, dürfte also deutlich geringer sein. Neubau spielt insgesamt eine deutlich geringere Rolle, so dass der Mehraufwand für die höheren Neubaulniveaus in der Summe sehr viel niedriger liegen sollte. Zusätzlich zu den Investitionskosten entsteht in deutlich geringerer Höhe Aufwand für die Erstellung von Sanierungsfahrplänen sowie die Prüfung der Mitversorgung benachbarter Gebäude.

²⁰⁷ Zu den Kosten ambitionierter energetischer Sanierungen von Nichtwohngebäuden gibt es wenig Daten. Weiß et al. (2014) geben Kosten von gut 500 Euro pro m² NGF für eine energetische Sanierung von Bürogebäuden auf KfW-55-Niveau an. Aufgrund der in den letzten 10 Jahren deutlich gestiegenen Baukosten sowie der zusätzlichen Anforderungen an die Nachhaltigkeit wird hier für eine erste konservative Abschätzung von fast doppelt so hohen Investitionskosten ausgegangen.

4.4.2.5 HF 3-5: Verbesserung von Vollzug und Genehmigungsverfahren

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Vollzug und der Ablauf von Genehmigungsverfahren beeinflussen den Erfolg und die Geschwindigkeit der Wärmewende. Im Rahmen der Stakeholder-Beteiligung wurde wiederholt darauf hingewiesen, dass häufig bei Sanierungen die Anforderungen des GEG nicht berücksichtigt würden und Genehmigungsverfahren teilweise zu kompliziert und langwierig seien. Die Maßnahme zielt deshalb darauf ab, den Vollzug der rechtlich geforderten Klimaschutzmaßnahmen im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen und Wohnen zu verbessern sowie Genehmigungsverfahren so zu organisieren und zu gestalten, dass sie eine zeitnahe Umsetzung der erforderlichen Klimaschutzmaßnahmen ermöglichen.

Inhalt der Maßnahme:

Die Maßnahme umfasst die folgenden Inhalte:

1. **Überprüfung und ggf. Verbesserung der Vollzugskontrolle der Anforderungen nach GEG**
Das Land Brandenburg gibt ein Monitoring in Auftrag, um anhand einer Stichprobenauswertung zu erheben, in welcher Qualität energetische Sanierungen aktuell umgesetzt werden. Im Rahmen dieser Studie sollte untersucht werden, inwiefern die Pflichtangaben zum Energieausweis in Wohnungsanzeigen umgesetzt werden. Basierend auf den Ergebnissen ist in einem nächsten Schritt zu überprüfen, ob und wie der Vollzug verbessert werden kann und soll.
2. **Vereinfachung, Bündelung und Beschleunigung von Genehmigungsverfahren**
 - Einrichtung einer Anlaufstelle für Großprojekte zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen, insbesondere bezüglich der Tiefen Geothermie, zur Nutzung von Oberflächengewässern (Wasserschutz, Bergbau) und gewerblicher Abwärme (u. a. Immissionsschutz). Konkrete Vorschläge zur Genehmigungsbeschleunigung bei der Wasserschutz- und Bergbaubehörde, die die Nutzung der Tiefen und oberflächennahen Geothermie betreffen, finden sich in [Maßnahme HF 1-5](#).
 - Die energetische Anforderung an denkmalgeschützte Gebäude ist geringer als bei anderen Gebäuden. Zudem werden Sanierungsmaßnahmen in diesen Gebäuden teilweise gar nicht genehmigt. Mit dem Ziel, auch bei denkmalgeschützten Gebäuden ehrgeizige Sanierungen umzusetzen und damit die Genehmigungsbehörden mehr Klarheit haben, sollte mehr Rechtsicherheit für Klimaschutzmaßnahmen im Denkmalschutz eingeführt und die Verfahren vereinheitlicht und vereinfacht werden. In diesem Zusammenhang ist zu klären, welche Klimaschutzmaßnahmen auch an denkmalgeschützten Gebäuden zugelassen werden sollten bzw. in welchen Fällen Klimaschutz Vorrang hat. Dies sollte von einer Fachgruppe denkmalgerechtes Sanieren begleitet werden, die eingerichtet werden soll.

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Alle Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen, Wohnen: vor allem Gebäudeenergieeffizienz, nachhaltiges Bauen, Suffizienz (z. B. Nutzerverhalten) und klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren sowie Dekarbonisierung von Fern- und Nahwärme

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Planung/Planungsverfahren

Rechtsrahmen: u. a. landesrechtliche Durchführungsverordnung für den Vollzug des GEG, Brandenburgisches Denkmalschutzgesetz

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: MLUK, MIL, MWAE, MWFK (wegen Denkmalschutz)

Mitwirkungsbedarf: Mitwirkung zahlreicher Landes- und Kommunalbehörden: u. a. LfU (wasserschutzrechtliche Genehmigungen), Brandenburgischen Ingenieurkammer (BBIK): Kontrollstelle für Energieausweise, Denkmalschutzbehörden, etc.

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig

Laufzeit: mittel- bis langfristig

Zielgruppe

Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer, Wärmenetzbetreiber, EVU

THG-Minderung

Im Szenario I werden im Zeitraum 2022 bis 2030 knapp 125.000 Gebäude energetisch saniert sowie knapp 240.000 Wärmepumpen und Wärmenetzanschlüsse neu eingerichtet (siehe Tabelle 66 und Tabelle 67). Die Verbesserung des Vollzugs trägt dazu bei, dass die rechtlich geforderten Effizienzanforderungen bei Sanierungen sowie Heizungswechseln in der geforderten Qualität umgesetzt werden und die damit einhergehende THG-Minderung in vollem Umfang erreicht wird. Die Verbesserung von Genehmigungsverfahren trägt dazu bei, dass vor allem Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung, insb. Wärmenetze zügig umgesetzt werden können.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahme trägt zur Qualitätssicherung bei der Umsetzung von Sanierungen und Heizungswechseln bei sowie zur Erhöhung der Umsetzungsgeschwindigkeit bei der Wärmewende, indem Genehmigungsprozessen vereinheitlicht und vereinfacht werden.

Indirekter Nutzen: Die Maßnahme trägt über die verbesserte Vollzugskontrolle indirekt zu einer Wissensverbreitung zu den Anforderungen der Wärmewende bei, sowohl bei den Handwerksbetrieben als auch den Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern und Mietenden.

Aufwand

Direkter Aufwand: Die Maßnahme geht mit einem zusätzlichen Personalaufwand einher (Erstellung des Monitorings erfolgt ggf. als Dienstleistung und benötigt zusätzliche finanzielle Mittel). Auf Landesebene entsteht ein Personalaufwand durch eine oder mehrere Genehmigungsstellen, die die Koordination der Genehmigungen von größeren Projekten, z. B. zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen übernehmen. Mit der Teilnahme an der Fachgruppe denkmalgerechtes Bauen geht ebenfalls ein Personalaufwand von mehreren Tagen pro Jahr für Mitarbeitende auf Landes- und Kommunalebene einher. Der zusätzliche Personalaufwand für die Koordination und die Teilnahme an der Fachgruppe ist sehr gering.

Indirekter Aufwand: Abhängig vom Ergebnis des Monitorings muss es eine Verbesserung der Vollzugskontrolle geben, was ggf. zu erhöhtem Personalaufwand führt. Die Verbesserung des Vollzugs kann dazu führen, dass Nachbesserungsbedarfe identifiziert werden, die mit einem Arbeitsaufwand einhergehen und/oder weitere Investitionen Dritter nach sich ziehen. Zugleich können Fehlinvestitionen und/oder geminderte Energieeinsparungen verhindert werden. Die Vereinfachung von Genehmigungsprozessen kann zu einer Reduktion des Aufwands bei Dritten, wie EVU, führen.

4.4.2.6 HF 3-6: Information und Beratung privater Haushalte

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Ziel ist es, privaten Haushalten und insbesondere privaten Eigentümerinnen und Eigentümern passgenaue Information und niedrigschwellige Beratungsangebote zur Verfügung zu stellen und diese damit für das Thema Energieeffizienz und energetische Sanierung zu sensibilisieren und aktivieren. Hierbei geht es bei den Landesmaßnahmen gezielt um eine Ansprache vor Ort, die durch bundesweite Angebote teilweise nicht ausreichend gewährleistet ist. Zudem soll durch bessere regionale Vernetzung auch die Zusammenarbeit vor Ort und die Sanierungsqualität verbessert werden. Darüber hinaus sollten regional bedeutsame Themen in den nachfolgend beschriebenen Angeboten zur Energieberatung aufgegriffen werden, etwa das Ziel den Einsatz von Holz in der Wärmebereitstellung zu beschränken (siehe auch [HF 1-5](#)).

Inhalt der Maßnahme

1. Einrichtung regionaler Energie- und Klimaschutzagenturen

Aufgabe der regionalen Agenturen ist der Aufbau und die Koordination von regionalen Netzwerken und die Entwicklung angepasster Beratungs- und Informationsangebote für private Eigentümerinnen und Eigentümer und ggf. weitere Zielgruppen. Die Angebote sollten abgestimmt werden mit den Zielen der kommunalen Wärmeplanung der Kommunen in der Region. Die Themen nachhaltiges Bauen und Sanieren, Umgang mit denkmalgeschützten Gebäuden und Nutzungsverhalten sollen adressiert werden. Die Einrichtung der Agenturen erfolgt durch Akteure in den Regionen, wobei die Angebote eng mit den bereits bestehenden Beratungsangeboten insbesondere der Verbraucherzentrale verzahnt und abgestimmt werden. Zudem arbeiten die regionalen Agenturen mit der Energie- und Klimaschutzagentur des Landes (siehe auch Maßnahme [8-1](#)) zusammen. Das Land stellt Anschubfinanzierungen für die Gründung zur Verfügung sowie laufende Mittel, insbesondere durch projektbezogene Förderprogramme beispielsweise für die Einrichtung von Qualitätsnetzwerken oder zur Durchführung von Projekten an Schulen. Für die weiteren Abschätzungen wird von der Einrichtung von 5 regionalen Energie- und Klimaschutzagenturen auf der Ebene der Planungsgemeinschaften ausgegangen. Alternativ dazu könnten sich auch Agenturen auf Landkreisebene ausbilden, wie beispielsweise in Baden-Württemberg. Welche Ebene präferiert wird, sollte in den jeweiligen Regionen entschieden werden.

Sollte sich innerhalb der nächsten Jahre zeigen, dass das Informations- und Beratungsangebot nicht ausreicht, um private Eigentümerinnen und Eigentümern beim Sanieren zu unterstützen, so sollte ergänzend die Einrichtung von Sanierungsagenturen geprüft werden.

Diese fungieren als Schnittstelle zwischen den Sanierenden und den umsetzenden Unternehmen und übernehmen die Koordination des Sanierungsvorhabens, sodass die Transaktionskosten für die Eigentümerinnen und Eigentümer sinken (vgl. Dunkelberg et al. 2021).

2. Aufsuchende, kostenlose Beratung in ausgewählten Einfamilienhausgebieten

Viele selbstnutzende Eigentümer/innen haben nur ein geringes Problembewusstsein im Hinblick auf das Thema energetische Sanierung und unterschätzen das Einsparpotenzial ihres Hauses oder kennen es gar nicht (IKND 2022). Aufsuchende Beratungen können für das Thema Energieeffizienz sensibilisieren und Sanierungsbedarf und Einsparpotenziale aufzeigen. Beispiele für solche aufsuchenden Initialberatungen sind u. a. die „Energiekarawane“ sowie Maßnahmen der Klimaschutzagentur Region Hannover und der Bremer Energiekonsens. Bei der Auswahl der Gebiete sollten die Ziele kommunaler Wärmepläne berücksichtigt werden. Das Land soll finanzielle Mittel für die Kampagnen und Beratungen bereitstellen sowie Unterstützung durch eine Ansprechperson bei der Energie- und Klimaschutzagentur.

Umgesetzt werden die Kampagnen von lokalen Akteuren (Kommune, Landkreis, regionale Energie- und Klimaschutzagentur). Für die nachfolgenden Abschätzungen wird von der Umsetzung von 30 Kampagnen mit 10 unterschiedlichen Initiatoren ausgegangen.

3. Mustersanierungen und -bauten

Um für private Eigentümerinnen und Eigentümer positive Beispiele für sanierte Gebäude erfahrbar zu machen, werden in allen Regionen anspruchsvolle Mustersanierungsvorhaben gefördert. Über diese Beispiele wird mittels Broschüren, Filmen und anderen medialen Aufbereitungen berichtet und die sanierten Gebäude können zu ausgewählten Terminen besichtigt werden. Darüber hinaus werden für Baudenkmäler Mustersanierungsempfehlungen entwickelt. Mit der Umsetzung der Maßnahme wird die Energie- und Klimaschutzagentur beauftragt. Für die weiteren Abschätzungen wird davon ausgegangen, dass in jeder regionalen Planungsgemeinschaft in jeweils fünf Gebäuden Mustersanierungen umgesetzt werden.

4. Kampagne zu Suffizienz und Effizienz

Die Energie- und Klimaschutzagentur des Landes wird damit beauftragt, Informationskampagnen zur Einsparung von Wärme und Strom in privaten Haushalten zu entwickeln und umzusetzen bzw. soweit entsprechende Kampagnen bereits auf Bundesebene laufen, deren lokale Verbreitung und Sichtbarkeit zu unterstützen.

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Es werden die Handlungsschwerpunkte „Klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren sowie Fernwärme-Dekarbonisierung“ und „Gebäudeenergieeffizienz, nachhaltiges Bauen, Suffizienz (z. B. Nutzerverhalten)“ adressiert.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Information/Beratung/Vernetzung

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: MWAE, Energie- und Klimaschutzagentur des Landes

Mitwirkungsbedarf: Landkreise und Kommunen sowie Verbraucherzentrale

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: Kurz- bis mittelfristig

Zielgruppe

Haushalte, private Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung: Durch Information und Beratung werden private Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer adressiert, insbesondere von EZFH. Diese müssen nach Abschätzung von Szenario I fast die Hälfte der CO₂-Reduktion im Handlungsfeld bis 2030 erbringen. Dafür müssten fast 100.000 EZFH energetisch saniert und in rund 175.000 EZFH müsste eine Wärmepumpe eingebaut werden. Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen sollen dies in Kombination mit Fördermitteln (Bund und Land) sowie einer Verschärfung des Ordnungsrechts auf Bundesebene ermöglichen. Dabei tragen die Maßnahmen sowohl zu einer Erhöhung der Sanierungsrate und -tiefe als auch zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bei. Hinzu kommen Einsparungen durch ein verändertes Nutzungsverhalten aufgrund der Kampagnen.

Nutzen

Direkter Nutzen: Information und Motivation von Privathaushalten und Vernetzung der Klimaschutzaktivitäten in den Regionen. Dadurch mehr und bessere Klimaschutzmaßnahmen und Vermeidung von Fehlinvestitionen.

Indirekter Nutzen: Die Maßnahme trägt zu regionaler Wertschöpfung und Beschäftigung bei.

Aufwand

Direkter Aufwand:

- 3-6.1: Land: einmalig rund 1,5 Mio. Euro Anschubfinanzierung (300.000 Euro pro Region); jährlich rund 0,75 Mio. Euro laufende Kosten (150.000 Euro pro Energie- und Klimaschutzagentur ggf. über projektbezogene Förderprogramme) und Personalaufwand zur Koordination bei Energie- und Klimaschutzagentur des Landes (ca. 1 VZÄ)
- 3-6.2: Land: rund 0,7 Mio. Euro insgesamt (70.000 Euro pro Umsetzungsregion, ausgehend von 30.000 Euro für erste Kampagne und 20.000 Euro für Folgekampagnen)
- 3-6.3: Land: einmalig rund 1,35 Mio. Euro (Investitionskostenzuschuss von im Schnitt 50.000 Euro pro Mustersanierung; Erstellung von Filmen und Materialien: 100.000 Euro); laufende Kosten für die Organisation und Durchführung von Führungen (gering)
- 3-6.4: Land: laufende Personal- und Sachkosten für Entwicklung und Durchführung von Kampagnen (gering)

Indirekter Aufwand:

- 3-6.1: Kommunen und ggf. weitere Gesellschafter (z. B. EVU, Wohnungswirtschaft, Architektenkammer): darüber hinaus gehende Personal- und Sachkosten; bei rund 5 VZÄ je Agentur, in Summe ca. 25 Stellen. Finanzierung der Agenturen insgesamt über Grundfinanzierung, Fördermittel und wirtschaftliche Tätigkeit.
- 3-6.2: Landkreis/Kommunen: Personal für Organisation und Bewerbung von Beratungskampagnen (möglichst bei regionaler Energie- und Klimaschutzagentur)
- 3-6.3: Private Eigentümerinnen und Eigentümer: Umsetzung von Mustersanierungen mit Zuschuss des Landes, Ermöglichung des Zugangs im Rahmen von Führungen an einigen Tagen pro Jahr

4.4.2.7 HF 3-7: Einführung neuer landeseigener Förderungen

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Förderungen für energetische Sanierungen und die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung setzen wichtige Anreize für die notwendigen Investitionen und ermöglichen, dass diese sozialverträglich sowohl für Eigentümerinnen und Eigentümer als auch für Mietende ausgestaltet werden können. Mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gibt es für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer zwar attraktive Förderungen für energetische Sanierungen und für den Wechsel zu erneuerbaren Energien und Fern- und Nahwärme. Auf Landesebene besteht die Möglichkeit, per ergänzender Landesförderung ausgewählte vielversprechende Maßnahmen ohne ausreichende Bundesförderung sinnvoll zu unterstützen, um Schwerpunkte zu setzen oder blinde Flecken zu adressieren. Wichtig ist, dass die Landesmittel kumulierbar sind mit Bundesmitteln, Zuschüsse anstelle von Krediten vergeben werden, eine hohe Planbarkeit gegeben ist, auf eine einfache Antragstellung geachtet wird und es bei den Beratungsstellen gute Unterstützung gibt. Alternativ kann sich das Land auf Bundesebene für eine entsprechende Anpassung der Fördermittel einsetzen. Angesichts der aktuellen starken Energiepreisschwankungen und damit auch der Veränderungen in der Wirtschaftlichkeit sind zum Zeitpunkt der konkreten Ausgestaltung einer solchen Förderung die jeweils aktuellen Förderbedarfe zu ermitteln. Das Land sollte generell keine Förderung von rein fossilen Heizungen und Bioenergie anbieten, da Biomasse in anderen Sektoren benötigt wird.

Inhalt der Maßnahme:

Folgende Förderungen sollte das Land Brandenburg zum aktuellen Zeitpunkt zusätzlich zu den Bundesförderungen anbieten:

1. Kurzfristig einzuführende Fördermaßnahmen

- **Übergangsförderung für EE-Wärmeerzeugung:** Um einen möglichst schnellen Umstieg von Öl- und Gasheizungen zu erneuerbaren Energien zu erreichen, sollten folgende Anlagentypen als Ersatz für eine Öl- oder Gasheizung oder zur Erweiterung einer bestehenden Anlage förderfähig sein, sofern ein Anteil von mindestens 65 Prozent erneuerbaren Energien erzielt wird: Wärmepumpen, Solarkollektoren sowie der Anteil der erneuerbaren Technologien bei Hybridsystemen. Sinnvoll erscheinen Zuschüsse von etwa 10 Prozent als Ergänzung zu den Mitteln der Bundesförderung effiziente Gebäude. Denkbar sind auch Fixbeträge. Die aufstockende Förderung auf Landesebene sollte für die Übergangsphase bereitgestellt werden, bis die Nutzungspflicht für erneuerbare Wärme von 65 Prozent in neu eingebauten Heizungen, auf Bundesebene in Kraft tritt. Das Land Berlin fördert im Rahmen des Förderprogramms HeiztauschPlus Wärmepumpen mit einem Zuschuss von 3.500 Euro.²⁰⁸ Diese Förderung kann als Orientierung dienen.
- **Klimaschonende Kältemittel** (siehe auch HF Industrie): Viele in Wärmepumpen eingesetzte Kältemittel sind sehr klimaaktiv.²⁰⁹ Es gibt mit den sogenannten natürlichen Kältemitteln wie etwa Propan, CO₂ und Ammoniak Alternativen, die weniger klimaschädigend sind. Ihr Einsatz geht jedoch mit einem höheren technischen Aufwand einher. Um die Verbreitung dieser Kältemittel zu unterstützen, sollte das Land Brandenburg eine Zusatzförderung für Wärmepumpen mit klimafreundlichen Kältemittel einführen. Sinnvoll erscheinen Zuschüsse von etwa 5 Prozent als Ergänzung zu den Mitteln des BEG und der vorab vorgeschlagenen Landesförderung. Die Förderung wird als sinnvoll für eine Übergangsphase bis 2025 angesehen. Die Förderung soll dazu beitragen, dass sich bis dahin klimaschonende Kältemittel im Markt durchsetzen können. Darüber hinaus sollte

²⁰⁸ Informationen zu dem Förderprogramm HeiztauschPlus finden sich unter: <https://www.ibb.de/de/foerderprogramme/heiztauschplus.html> [14.6.2022].

²⁰⁹ Einer Marktanalyse zufolge lag der Anteil an Wärmepumpen, die mit dem klimaaktiven Kältemittel R410A betrieben werden, an den in 2019 in Europa insgesamt verkauften Wärmepumpen bei 80 % (CCI 2021). Dieses Kältemittel hat ein Global Warming Potenzial (GWP) von ca. 2.000. Bisher sieht die EU-Verordnung über fluorierte Treibhausgase (517/2014) nur ein Verbot von fluorierten Gasen mit einem GWP ab 2.500 vor.

sich das Land Brandenburg für ein Verbot von klimaschädlichen Kältemitteln auf Bundesebene einsetzen.

- **Austausch von Einzelöfen und Etagenheizungen:** Der Wechsel von Gasetagenheizungen und Einzelheizungen wie Kohleöfen zu einer Zentralheizung oder Fern- und Nahwärme geht mit zusätzlichen Investitionsbedarfen etwa für Steig- und Verteilleitungen einher. Daher sollten die Zusatzkosten, die entstehen, wenn ein erstmaliger Einbau einer Zentralheizung (Einbau einer Wärmepumpe, einer Hybridheizung (sofern 65 Prozent EE erzielt werden) sowie die Neueinrichtung eines Wärmenetzanschlusses) erfolgt, zusätzlich gefördert werden. Sinnvoll erscheinen Zuschüsse von etwa 20 Prozent der Zusatzkosten, als Ergänzung zu den Mitteln des BEG und der vorgeschlagenen Landesförderung.

2. Prüfung der Einführung weiterer neuer Förderungen

- **Kommunale Wärmeplanung:** Die Erstellung kommunaler Wärmepläne wird auf Bundesebene mitgefördert. Auf Landesebene ist zu prüfen, inwiefern eine ergänzende Förderung erforderlich ist, um regionalen Bedarfen gerecht zu werden.
- **Stromspeicher:** Um die Verbreitung von PV-Anlagen und Stromspeichern voranzubringen, sollte das Land Brandenburg die Einrichtung eines neuen Stromspeicher-Förderprogramms prüfen. Das Land Berlin fördert Stromspeichersysteme mit 300 € je Kilowattstunde nutzbarer Kapazität des Stromspeichersystems. Maximal werden 15.000 € pro Stromspeichersystem gewährt.²¹⁰ Dieses Förderprogramm kann als Orientierung dienen.
- **Wärmenetze:** Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) umfasst eine Investitions- und Betriebsförderung für Wärmenetze und an Wärmenetze angebundene Wärmeerzeugungsanlagen. Für das Land Brandenburg sollte geprüft werden, welche Technologien und Maßnahmen zusätzlich zur BEW-Förderung auf Landesebene gefördert werden sollten, um ihre Verbreitung zu unterstützen (z. B. Tiefe Geothermie, Nutzung gewerblicher Abwärme, Wärmespeicher, Abwasserwärme, Eisspeicher, Elektrolyseure mit Abwärmenutzung, Bereitstellung mobiler Notfallheizkessel, Maßnahmen zur Absenkung der Systemtemperaturen, Kalte Wärmenetze etc.). Ideen zur Umsetzung konkreter Maßnahmen finden sich in [HF 1-5](#).
- **Klimaneutrale Quartiere:** Die Umsetzung klimaneutraler Quartiere wird bislang teilweise über das BMWK etwa in Form von Reallaboren gefördert, sofern es sich um innovative Ansätze handelt. Das BEW reizt Investitionen in Wärmenetze und an Wärmenetze angebundene Wärmeerzeugungsanlagen an. Sinnvoll erscheinen Zusatzförderungen für zielkonforme energetische Sanierungen zur Wärmeverbrauchsreduktion der Gebäude im Quartier und zur Absenkung der Temperaturen ihrer Heizkreise, um einen zügigen Anschluss der Gebäude an die Quartiersversorgung zu ermöglichen. Zudem ist zu prüfen, ob zusätzliche Förderungen in Bezug auf die Sektorkopplung im Quartier sinnvoll sind (etwa größere Batteriespeicher, Elektrolyseure).
- **Einsatz nachhaltiger Baumaterialien und Dämmstoffe:** Die Potenziale für den Einsatz nachhaltiger Baumaterialien und Dämmstoffe werden sich aus der Maßnahme Ressourcenschonendes Wohnen und Bauen ([HF 3-8](#)) ergeben. Um in einem weiteren Schritt die Verbreitung nachhaltiger Baumaterialien und Dämmstoffe zu unterstützen, können, wie beispielsweise in Baden-Württemberg, Kriterien bzw. Grundsätze des nachhaltigen Bauens festgelegt werden.²¹¹ Denkbar sind Zusatzförderungen auf Landesebene zu den Mitteln des BEG, wenn Materialien eingesetzt werden, die den Grundsätzen des nachhaltigen Bauens genügen.
- **Betriebsoptimierung und -monitoring in MFH und NWG:** Bei Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden weisen Betriebsoptimierung und -monitoring, die über den hy-

²¹⁰ Informationen zu dem Förderprogramm finden sich unter: <https://www.berlin.de/sen/energie/erneuerbare-energien/foerderprogramm-stromspeicher/#wie> [14.6.2022].

²¹¹ Informationen zum Vorgehen in Baden-Württemberg finden sich unter: <https://www.kea-bw.de/zukunft-altbau/klimaschutzgesetz-nachhaltiges-bauen#c3090-content-3> [14.6.2022].

draulischen Abgleich hinausgehen, ein Potenzial zur Senkung der Wärmeverbräuche und zum effizienten Betrieb der Wärmeerzeugungsanlagen auf. Dies umfasst etwa technische Lösungen der digitalen Steuerung, z. B. Steuerung der Heizung nach Wetterprognose. Im Abgleich mit den Fördermöglichkeiten auf Bundesebene können ergänzende Förderungen auf Landesebene die Verbreitung solcher Lösungen unterstützen.

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Alle Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen, Wohnen

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorien: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente

Rechtsrahmen: Die Förderungen auf Landesebene sollten so formuliert werden, dass sie kombinierbar sind mit Förderungen auf Bundesebenen (vor allem BEG).

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: MWAE, MIL, ILB

Mitwirkungsbedarf: Mitwirkung der Ministerien mit inhaltlichen Bezügen zu Wohnen, Bauen und Energieversorgung sowie Energie- und Klimaschutzagentur

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: kurz- bis mittelfristig (abhängig von Entwicklung auf Bundesebene)

Zielgruppe

Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer (Privatpersonen, Selbstnutzende, private und kommunale Wohnungswirtschaft, Gewerbe), Wärmenetzbetreiber und Contractoren

THG-Minderung

Die Umsetzung der geförderten Maßnahmen geht mit einer direkten THG-Minderung einher. Da einige Maßnahmen auch durch Bundesmittel gefördert werden, und auch andere Maßnahmen wie Beratungen und Informationsformate eine Wirkung entfalten, kann nur ein Teil der Wirkung auf die Landesförderung zurückgeführt werden. Im Zeitraum 2023 bis 2030 werden im Szenario I knapp 240.000 Wärmepumpen und Wärmenetzanschlüsse neu eingerichtet. Dies ist das Potenzial, auf welches die unter a) aufgeführten Fördermöglichkeiten abzielen.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahme schafft einen zusätzlichen Anreiz bei den genannten Zielgruppen, Investitionen in die klimaschonende Wärmeerzeugung zu tätigen. Dies kann über die Nutzungsdauer der Anlagen zu Energiekosteneinsparungen beitragen.

Indirekter Nutzen: Diese Investitionen und die damit einhergehenden Planungs- und Handwerksleistungen führen zu regionaler Wertschöpfung.

Aufwand

Direkter Aufwand: Die Bereitstellung von Förderungen geht mit Aufwendungen für das Land Brandenburg einher für den Zeitraum, in dem die Förderungen zur Verfügung gestellt werden. Basierend auf den Abschätzungen zur Anzahl der ausgetauschten neu eingebauten Wärmepumpen und Wärmenetzanschlüssen (siehe Tabelle 66) lassen sich mit folgenden Annahmen die Aufwendungen abschätzen, die in Form von Fördermitteln für die unter a) formulierten Förderungen anfallen: Vereinfacht kann davon ausgegangen werden, dass etwa ein Viertel der Wärmepumpen und Wärmenetzanschlüsse, die bis 2030 eingebaut werden, bereits vor der 65 Prozent-EE-Pflicht eingebaut werden und somit Anspruch auf eine Übergangs-Zuschussförderung haben. Da die Förderung für klimaschonende Kältemittel ebenfalls als Übergangsförderung vorgesehen ist, können ebenfalls die 25 Prozent der Wärmepumpen als Basis für die Wärmepumpen unterstellt werden, wovon 50 Prozent, so die Annahme, die Förderung in Anspruch nehmen. Es wird zuletzt davon ausgegangen, dass bei 10 Prozent der in MFH neu eingebauten Wärmepumpen und Fernwärmeanschlüssen zuvor Gasetagenheizungen bzw. Einzelöfen bestanden. Folgende Investitionskosten werden vereinfacht angenommen (Wärmepumpen: EZFH 20.000 Euro; MFH/NWG: 100.000 Euro; Wechsel Etagenheizung zu Zentralheizung: 5.000 Euro; Wärmenetzanschlüsse: EZFH: 8.000 Euro; MFH: 12.000 Euro; NWG: 15.000 Euro (vgl. Dunkelberg et al. 2018)). Unter diesen Randbedingungen belaufen sich die Aufwendungen für das Land Brandenburg auf maximal 240 Mio. Euro bis 2030, wenn in allen dieser Fälle eine Förderung in Anspruch genommen wird. Der größte Teil davon entfällt mit 160 Mio. Euro auf die Übergangsförderung für EE-Wärmeerzeugung. Ebenfalls ein großer Teil von 40 Mio. Euro entfällt auf die Förderung von Wärmepumpen mit klimaschonenden Kältemitteln. Zu den Punkten unter

3-7.2 werden keine Aufwendungen quantifiziert, da diese in hohem Maße von der Entwicklung der Förderungen auf Bundesebene und der Ausgestaltung der jeweiligen Förderungen auf Landesebene abhängen.

Indirekter Aufwand: Bei der ILB entstehen Aufwendungen in Form des Personalaufwands für die Bearbeitung der Anträge. Bei der Zielgruppe, die vor allem aus Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern besteht, fallen Investitionskosten für u. a. Wärmeerzeugungsanlagen an.

4.4.2.8 HF 3-8: Ressourcenschonendes Wohnen und Bauen

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Ziel ist es, zum einen den Endenergiebedarf durch möglichst geringe Flächeninanspruchnahme zu reduzieren und zum anderen die indirekten CO₂-Emissionen durch den Bau und die Sanierung von Gebäuden zu reduzieren und insgesamt die Nachhaltigkeit der eingesetzten Baumaterialien zu erhöhen. Hierfür wird in einem ersten Schritt vorgeschlagen, innerhalb des nächsten Jahres Strategien zu entwickeln und ggf. erste Umsetzungen z. B. in Form einer Kompetenzstelle für nachhaltiges Bauen zu initiieren.

Inhalt der Maßnahme

1. **Studie und Strategie zum Einsatz (regionaler) nachwachsender Rohstoffe im Baubereich als Teil der Bioökonomie-Strategie** (dabei Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der länderübergreifenden Arbeitsgruppe Holzoffensive Berlin-Brandenburg):
 - Ermittlung der Potenziale für nachwachsende Rohstoffe in der Region unter Berücksichtigung von Verfügbarkeit und qualitativer Verwendbarkeit
 - Analyse von Hemmnissen und Nutzungskonflikten beim Einsatz von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen
 - Entwicklung von Maßnahmen zur Verbreitung und zum Einsatz (regionaler) nachwachsender Rohstoffe (z. B. Förderung und Beratung, Schulungsoffensive Handwerk)
 - Verabschiedung einer Strategie
2. **Studie und Strategie Kreislaufwirtschaft im Baubereich**
 - Erfassung der Möglichkeiten, Kreislaufwirtschaft im Baubereich auszuweiten
 - Entwicklung einer Strategie (siehe HF Abfall und Kreislaufwirtschaft im Abschnitt 4.7)
3. **Roadmap zur effizienteren Verteilung von Gebäudeflächen und zur (Um-)Nutzung des Gebäudebestands sowie zur Verringerung von Neubau**
 - Gründung einer Fachgruppe mit Expertinnen und Experten
 - Entwicklung einer Roadmap durch die Fachgruppe in Abstimmung mit relevanten Stakeholdern in Brandenburg. Bei der Entwicklung der Roadmap sollte aufgrund der engen Verflechtung der Gebäudenutzung in der Metropolregion eine enge Abstimmung mit dem Land Berlin erfolgen. Bei der Identifikation von Strategien und Maßnahmen sind jeweils auch Zuständigkeiten und Handlungsmöglichkeiten zu klären, denn diese liegen nicht nur beim Land, sondern voraussichtlich auch bei Kommunen und anderen Dritten. Ziel der Roadmap ist es, Strategien für eine effizientere und bedarfsgerechtere Nutzung bestehender Gebäudeflächen sowie zu einer Verringerung bzw. Beschränkung von Neubau zu identifizieren. Nachfolgend werden erste Ideen für Maßnahmen, die im Rahmen der Entwicklung der Roadmap jeweils zu prüfen und ggf. weiterzuentwickeln sind, präsentiert:
 - Wohnflächen effizienter verteilen: Förderung von kommunalen Wohnberatungsstellen, Wohnungstauschbörsen, beim Umzug in kleinere Wohnungen Beratung und Unterstützung, ggf. auch Prämien, "Jung-kauft-alt" Förderprogramm, Belegungsvorschriften für landeseigene Liegenschaften, gemeinschaftliche Wohnkonzepte fördern,
 - Arbeitsflächen effizienter nutzen: Reduktion des Flächenbedarfs pro Arbeitsplatz in öffentlichen Gebäuden,
 - Umnutzung von Gebäude(-flächen): Nutzung der Flächengewinne in Nichtwohngebäuden aufgrund von Homeoffice für Wohnzwecke, Leitfaden zur Umnutzung von Gebäuden erstellen, Prüfung von Vereinfachungen zum Brand-, Schall-, Bestandschutz, Kulturwandel: Umbau statt Abriss von Gebäuden im Bauordnungsrecht,

- Leerstand verringern: Zweckentfremdungsverbot einführen/ausweiten, Aufbau eines landesweiten Leerstands- und Potenzialflächenkataster, das in Ergänzung zum Baulückenkataster auch untergenutzte und für eine Umnutzung in Frage kommende Gebäude erfasst,
- Neubau reduzieren: Beschränkung der Umnutzung von Freiflächen für Siedlungszwecke durch kommunale Beschlüsse und insbesondere deutliche Beschränkung der weiteren Ausweisung von Einfamilienhausgebieten zugunsten von Bestandsgebäuden und Mehrfamilienhäusern; bei Förderung: Bestandsentwicklung dem Neubau vorziehen,
- Öffentlichkeitsarbeit und Kampagnen.

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Die Maßnahme gehört zum Handlungsschwerpunkt „Gebäudeenergieeffizienz, nachhaltiges Bauen und Suffizienz (z. B. Nutzerverhalten)“.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Konzepte/Studien/Leitfäden

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (MLUK, MIL)

Fristigkeit

Beauftragung der Studien und Entwicklung der Roadmap

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: kurzfristig

Zielgruppe

Land, Kommunen, Bauwirtschaft, Unternehmen

THG-Minderung

Es ist keine quantitative Abschätzung möglich. Die Maßnahme soll perspektivisch die indirekten CO₂-Emissionen des Baubereichs senken und durch eine Reduktion der beheizten Gebäudeflächen den Energieverbrauch senken. Beides hat eine hohe Relevanz.

Nutzen

Direkter Nutzen: Reduktion des Ressourcenverbrauchs für den Bereich Wohnen und Bauen. Bedarfsgerechtere Nutzung von Wohnflächen. Weniger Neubaubedarf.

Indirekter Nutzen: Reduktion der Zersiedelung kann sich positiv auf den Mobilitätssektor auswirken. Der Einsatz regionaler Rohstoffe kann positiv für die Wertschöpfung und Beschäftigung im Land sein.

Aufwand

Direkter Aufwand: Beauftragung von Studien (3-8.1 und 3-8.2); Personalaufwand für die Entwicklung von Strategien (3-8.1 bis 3-8.3); Personalaufwand für die Überprüfung (3-8.4) – Aufwand insgesamt gering

Indirekter Aufwand: Je nach Maßnahmen in den Strategien fällt der Aufwand in den Folgejahren aus.

4.4.2.9 HF 3-9: Qualifizierung und Qualitätssicherung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Ziel ist es, dafür zu sorgen, dass bei der Umsetzung von Neubau- und Sanierungsvorhaben eine hohe Qualität eingehalten wird und hohe energetische Standards auch in der Praxis erzielt werden. Zudem sollen weitere Nachhaltigkeitsaspekte beim Bauen und Sanieren berücksichtigt werden. Zudem ist das Ziel, Risiken für das Handwerk und Beratende ebenso wie für die Eigentümerinnen und Eigentümern bei Sanierungen zu minimieren.

Inhalt der Maßnahme**1. Qualitätsoffensive: Kampagne und Schulung**

- Entwicklung und Durchführung einer Kampagne zur Sensibilisierung und Befähigung aller am Bau beteiligten Gewerke und von Baurägern hinsichtlich ressourcenschonender und energieeffizienter Bauweise durch die Energie- und Klimaschutzagentur des Landes in Zusammenarbeit mit Handwerks-, der Brandenburgischen Ingenieur- und der Brandenburgischen Architektenkammer.
- Entwicklung und Umsetzung von zielgerichteten Schulungsangeboten u. a. zu den Themenfeldern ambitionierte energetische Sanierung, Ressourcenverbrauch und Graue Energie, Heizen mit erneuerbaren Energien, Steuerung hybrider Systeme, Geothermie; Zielgruppen: Handwerk, Planende, Architektinnen und Architekten; Gestaltung und Angebot in Zusammenarbeit mit Handwerks-, Ingenieurs- und Architektenkammern sowie weiteren Fachleuten

2. Clearingstelle für Sanierungen: Prüfung Einrichtung auf Landesebene

Eine Clearingstelle könnte im Falle einer geförderten energetischen Sanierungsmaßnahme Verträge mit Handwerk und Beratenden, eine Risikoübernahme bei Zahlungsausfall durch Kundinnen und Kunden sowie eine Überprüfung im Streitfall anbieten. Dadurch würde zum einen der Aufwand für die Fachleute reduziert, so dass diese mehr Kapazitäten für die Umsetzung von Maßnahmen haben. Zum anderen wird eine hohe Qualität am Bau gefördert, da die Clearingstelle im Streitfall Qualitätskontrollen durchführen kann. Es ist rechtlich zu prüfen, wie die konkrete Umsetzung einer solchen Stelle aussehen könnte und wo diese angesiedelt werden kann.

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Es werden die Handlungsschwerpunkte „Klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren sowie Fernwärme-Dekarbonisierung“ und „Gebäudeenergieeffizienz, nachhaltiges Bauen, Suffizienz (z. B. Nutzerverhalten)“ adressiert.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen, Information/Beratung/Vernetzung und ökonomische Instrumente

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land

Mitwirkungsbedarf: Energie- und Klimaschutzagentur und ILB sowie Handwerks-, die Brandenburgische Ingenieur- und die Brandenburgische Architektenkammer

Fristigkeit

Einführung: 3-9.1 unmittelbar und 3-9.2 in Legislatur

Laufzeit: 3-9.1 kurzfristig; 3-9.2 mittelfristig

Zielgruppe

Handwerk, Architektinnen und Architekten, Planende, Ingenieurinnen und Ingenieure, Bauausführung, Eigentümerinnen und Eigentümer

THG-Minderung

Eine quantitative Abschätzung ist hier nicht möglich; Ziel der Maßnahme ist es vor allem, bei energetischen Sanierungen die Qualität und damit die Einsparungen zu erhöhen und zudem indirekte CO₂-Emissionen am Bau zu verringern.

Nutzen

Direkter Nutzen: Einen direkten Nutzen durch die Maßnahmen haben vor allem Gebäudeeigentümerinnen und-eigentümer durch eine Verringerung von schlecht ausgeführten Sanierungs-

und Baumaßnahmen und eine Erhöhung der tatsächlichen Einsparungen. Bei der Clearingstelle zudem das Handwerk und Beratende durch eine Entlastung.

Indirekter Nutzen: Die Maßnahme kann zu mehr regionaler Wertschöpfung und Beschäftigung beitragen.

Aufwand

Direkter Aufwand:

- 3-9.1: Personal und Materialaufwand für die Kampagne sowie die Koordination und Förderung von Schulungsangeboten bei der Energie- und Klimaschutzagentur des Landes (gering)
- 3-9.2: Personalaufwand für die Prüfung der Einrichtung der Clearingstelle (gering); im Falle der Einrichtung: Personalaufwand und Mittel zur Risikoabsicherung (mittel)

4.4.2.10 HF 3-10: Fachkräfteausbau im Bereich Wärmewende und Bauen

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Ziel ist es, dafür zu sorgen, dass für die Erhöhung der Sanierungsrate und -tiefe sowie den Energieträgerwechsel ausreichend Fachkräfte zur Verfügung stehen. Dieses Ziel wird übergreifend in der Maßnahme „Fachkräfteoffensive: Aus- und Weiterbildung“ behandelt.

Inhalt der Maßnahme

Hier werden die Maßnahmen vorgestellt, die spezifisch im Bereich Wärme und Bauen ergriffen werden sollten.

1. Gründung einer Fachgruppe mit Expertise zur Entwicklung und zum Monitoring der Maßnahmen zum Fachkräfteausbau
2. Erleichterung der Integration von Abschlüssen aus anderen Ländern
3. Studiengänge im Bereich Bau und Wärme an Universitäten und Hochschulen ausweiten bzw. einführen, darunter auch duale Studiengänge
4. Themen Energie und Bauen durch Projektwochen und Betriebspartnerschaften in die Schulen bringen; Einführung eines Fachabiturs Gebäude / Wärme o. A.
5. Förderung eines freiwilligen Klimaschutzjahrs ähnlich wie FSJ/FÖJ Jahr bei klimarelevanten Betrieben im Bereich Bauen und Energie
6. Umschulung und Weiterbildung Energieberatung fördern
7. Angebote zur Umschulung von Mitarbeitenden aus fossilen Energieunternehmen
8. Erfassung der Auslastung und des Fachkräftebedarfs im Bereich Bauen und Wärme; Befragung Betriebe
9. Rechtliche Rahmenbedingungen für Handwerksbetriebe und Ingenieurbüros verbessern

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Es werden alle drei Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld Wärmewende, Bauen, Wohnen adressiert. Die Maßnahme ist Teil der übergreifenden Maßnahme Klimaneutralität braucht Fach- und Arbeitskräfte ([HF 8-4](#)).

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (MLUK, MWAE, MBJS, MWFK)

Mitwirkungsbedarf: u. a. Energie- und Klimaschutzagentur des Landes, Kammern, Hochschulen, Schulen

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: kurz- bis mittelfristig

Zielgruppe

Jugendliche/Junge Erwachsene, Migrierende, Arbeitssuchende, Schulen, Hochschulen, etc.

THG-Minderung

Eine quantitative Abschätzung ist bei dieser Maßnahme nicht möglich. Die Maßnahme ermöglicht die Umsetzung von ausreichend energetischen Sanierungen und Heizungswechsel und trägt somit in relevantem Maß zum Erreichen der Klimaschutzziele bei.

Nutzen

Direkter Nutzen: Engpässe im Bausektor und bei der energetischen Sanierung durch Fachkräftemangel sinken. Eigentümerinnen und Eigentümer haben weniger Wartezeit und Aufwand, Betriebe zu finden, die ihre Vorhaben umsetzen.

Indirekter Nutzen: Die Maßnahme kann zu mehr regionaler Wertschöpfung und Beschäftigung beitragen. Zudem werden viele junge Leute für das Thema Klimaschutz und Wärmewende sensibilisiert, was in Folge auch weitere Klimaschutzaktivitäten auslösen kann.

Aufwand

Direkter Aufwand: Personal zur Betreuung der Fachgruppe, zur Entwicklung von Bildungs- und Weiterbildungsinhalten, der Einrichtung von Studiengängen und eines Fachabiturs und für das Monitoring. Zudem Sachkosten für das freiwillige Klimaschutzjahr und die Umsetzung von Schulungsangeboten. In Summe werden die Kosten als gering eingeschätzt.

Indirekter Aufwand: Auch bei den Schulen und Hochschulen sowie weiteren beteiligten Akteuren führen die Maßnahmen zu einem Aufwand.

4.4.2.11 HF 3-11: Sozialverträglichkeit energetischer Sanierungen

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Die Umsetzung energetischer Sanierungen kann durch die Modernisierungsumlage die Wohnkosten gerade von Mietenden in die Höhe treiben. Dies belastet insbesondere Haushalte mit geringen Einkommen und führt teilweise sogar dazu, dass diese ihre Wohnung aufgeben müssen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn keine Förderung in Anspruch genommen wird und energetische Sanierungen mit weiteren Modernisierungsmaßnahmen zusammen erfolgen. Negative Beispiele mit hohen Kostensteigerungen führen dazu, dass die Akzeptanz energetischer Sanierungen sinkt. Ziel der Maßnahme ist es deshalb, die Kostensteigerung und Belastung insbesondere von Haushalten mit geringen Einkommen nach energetischen Sanierungen zu begrenzen. Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt das Mieter-Vermieter-Dilemma zu überwinden. Hierzu soll geprüft werden, ob statt der Modernisierungsumlage eine Teilwarmmiete eingeführt werden kann. Die Notwendigkeit zur Umsetzung weiterer Landesmaßnahmen ist damit abhängig davon, wann und wie hierzu auf Bundesebene neue Regelungen eingeführt werden.

Inhalt der Maßnahme

1. **Reduktion oder Abschaffung Modernisierungsumlage**
Das Land Brandenburg setzt sich beim Bund dafür ein, dass die Modernisierungsumlage in ihrer jetzigen Form abgeschafft oder verringert wird, so dass die Sozialverträglichkeit von energetischen Sanierungen sichergestellt wird.
2. **Freiwillige Vereinbarungen mit Wohnungsunternehmen und deren Verbänden**
Falls nicht zeitnah die Regelungen auf Bundesebene geändert werden, sollte das Land darauf hinwirken, mit Wohnungsunternehmen bzw. deren Verbänden Vereinbarungen zur Reduktion der Modernisierungsumlage und sozialen Deckelung deren Höhe abzuschließen. Statt auf Landesebene können entsprechende Vereinbarungen auch auf kommunaler Ebene geschlossen werden.

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Es werden die Handlungsschwerpunkte „Klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren sowie Fernwärme-Dekarbonisierung“ und „Gebäudeenergieeffizienz, nachhaltiges Bauen, Suffizienz (z. B. Nutzerverhalten)“ adressiert.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Rechtsetzung (Bund), Ökonomische Instrumente, freiwillige Vereinbarungen

Rechtsrahmen: BGB (Bund)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Kommunen, Mitwirkungsbedarf: Wohnungsunternehmen (Nr. 2)

Fristigkeit

Einführung: in Legislatur

Laufzeit: kurz- bis mittelfristig

Zielgruppe

Mietende, Vermietende

THG-Minderung

Die Maßnahme führt nicht direkt zu einer Reduktion von THG. Sie kann aber die Akzeptanz energetischer Sanierungen bei den Mietenden und in der Gesellschaft erhöhen und sich damit positiv auf die Sanierungsrate und -tiefe sowie den Einbau klimafreundlicher Heizungen auswirken. Gleichzeitig ist aber die Finanzierbarkeit von energetischen Sanierungen durch eine gute Förderung sicherzustellen.

Nutzen

Direkter Nutzen: Geringere Mietsteigerung für Mietende nach energetischen Sanierungen.

Indirekter Nutzen: Höhere Akzeptanz energetischer Sanierungen durch Mietende

Aufwand

Direkter Aufwand: Geringer Personalaufwand.

Indirekter Aufwand: Wenn die Modernisierungsumlage sinkt, reduzieren sich für Vermietende die Vorteile energetischer Sanierungen. Dies sollte durch Förderung ausgeglichen werden. Je nach neuer Regelung kann es zu einem zusätzlichen Aufwand bei Sanierungen kommen. Bei freiwilligen Vereinbarungen haben die Wohnungsunternehmen ggf. weniger Einnahmen.

4.4.2.12 HF 3-12: Klimaschutzvereinbarungen mit zentralen Akteuren der Gebäudeenergiewende

Beschreibung

Ziel der Maßnahme: Klimaschutzvereinbarungen können dazu dienen, Unternehmen, Verbände und andere Institutionen explizit als Partner für das Erreichen von Klimaschutzziele im Gebäudesektor zu gewinnen. Klimaschutzvereinbarungen mit konkreten Emissionsminderungszielen sollten beispielsweise mit Unternehmen mit öffentlicher Beteiligung, mit Hochschulen, mit Wohnungsunternehmen und Verbänden geschlossen werden.

Das MIL hat aktuell mit dem Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e. V. (BBU) und der Verband kommunaler Unternehmen e. V., Landesgruppe Berlin-Brandenburg (VKU) eine Kooperationsvereinbarung „Klimabündnis Stadtentwicklung Brandenburg“, mit dem Ziel, die Brandenburger Kommunen anzusprechen und dadurch die kommunale Wärmewende voranzutreiben. Die Kooperationsvereinbarungen mit BBU und BfW mit konkreten Minderungszielen sind dagegen nicht mehr aktuell.

Inhalt der Maßnahme

Das Land Brandenburg schließt Klimaschutzvereinbarungen mit Unternehmen und Institutionen ab, die einen relevanten Beitrag zum Klimaschutz im Gebäudesektor leisten können. Ganz besonders die 22 Unternehmen mit Landesbeteiligung sowie Hochschulen sollen sich zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen durch Kooperationsvereinbarungen verpflichten. Auch Landkreise und Kommunen sind mögliche Partner von solchen Kooperationsvereinbarungen. Die Vereinbarungen sollten konkrete Emissionsminderungsziele sowie Maßnahmen, um diese zu erreichen, enthalten. Die Selbstverpflichtung zum Abschluss solcher Vereinbarungen kann wie in Berlin in einem Gesetz verankert werden (EWG Bln).

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt: Es werden vor allem die Handlungsschwerpunkte „Klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren sowie Fernwärme-Dekarbonisierung“ und „Gebäudeenergieeffizienz, nachhaltiges Bauen, Suffizienz (z. B. Nutzerverhalten)“ adressiert.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Freiwillige Vereinbarungen

Rechtsrahmen: ggf. Verankerung in einem Klimaschutzgesetz

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (MLUK, MdFE)

Mitwirkungsbedarf: diverse Unternehmen und Institutionen

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: mittelfristig

Zielgruppe

Unternehmen und Institutionen mit relevanten Wärmeverbräuchen bzw. Immobilienbeständen bzw. deren Verbände; Unternehmen mit Landesbeteiligung sowie Hochschulen

THG-Minderung

Das Minderungspotenzial ist abhängig davon, mit welchen Akteuren Klimaschutzvereinbarungen vereinbart werden. Wenn Einsparungen bei Mehrfamilienhäusern durch Vereinbarungen mit Immobilienunternehmen und deren Verbänden erzielt werden, so wird das große Potenzial von MFH adressiert. So müssen bis 2030 knapp 14.000 MFH energetisch umfassend saniert werden und bei rund 18.000 steht der Einbau einer Wärmepumpe oder der Anschluss an ein Wärmenetz an. Nach Angaben des BBU gehören rund 41 Prozent der Mietwohnungen in Brandenburg Mitgliedsunternehmen des BBU. Somit hat allein die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen durch die Verbandsunternehmen einen großen Einfluss. Hohe Einsparpotenziale bieten auch Kooperationen mit Energieunternehmen zur Fernwärmedekarbonisierung. Trotz geringer direkter Potenziale bei den Hochschulen sind diese aufgrund ihrer Vorbildwirkung relevant.

Nutzen

Direkter Nutzen: Reduktion Energiekosten durch Sanierungsmaßnahmen bei den Kooperationspartnern.

Indirekter Nutzen: Regionale Wertschöpfung und Beschäftigung durch die Klimaschutzmaßnahmen.

Aufwand

Direkter Aufwand: Der Aufwand zum Abschluss der Vereinbarungen ist vergleichsweise gering.

Indirekter Aufwand: In der Folge ergibt sich ein hoher Investitionsbedarf zur Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen, die aber anschließend weitgehend durch Energiekosteneinsparungen refinanziert werden sollten. Teilweise kann sich dies direkt auf den Landeshaushalt auswirken.

4.5 Handlungsfeld 4: Verkehr und Mobilität

Das Handlungsfeld (HF) „Verkehr und Mobilität“ adressiert Handlungsoptionen auf Landesebene, welche die Emissionen und den Energiebedarf im Verkehr reduzieren (Landesregierung Brandenburg 2021). Der Sektor Verkehr dient der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) sowie der Definition der sektorspezifischen Emissionsminderungsziele im Land Brandenburg. Die Beschreibung und Abgrenzung des Sektors folgt der Sektorenstruktur des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG 2019). Dadurch ergeben sich für das HF Verkehr und Mobilität Abweichungen vom Sektor Verkehr. Strombasierter Verkehr wird im HF adressiert, aber die Emissionen werden nach Quellenbilanz dem Energiesektor zugeschrieben. Weiterhin gibt es Unterschiede beim landwirtschaftlichen Verkehr und dem Verkehr von Baufahrzeugen. Diese Verkehre werden nicht im Sektor Verkehr bilanziert aber im HF Verkehr und Mobilität mit adressiert.²¹²

4.5.1 Strategieempfehlungen

Übergreifende Strategien

Der Verkehrssektor im Land Brandenburg soll spätestens bis zum Jahr 2045 klimaneutral werden. Dazu werden im Anschluss an diesen einführenden Teil für das HF Verkehr und Mobilität Maßnahmenpakete vorgeschlagen. Die Maßnahmen folgen drei zentralen Strategien: **Vermeiden, Verlagern und Antriebswende**. Die Strategien müssen so umgesetzt werden, dass THG-Emissionen vermindert werden, ohne dass das Mobilitätssystem qualitativ leidet. Der emissionsärmste Verkehr ist jener, der nicht stattfindet. Deshalb ist die Verkehrsvermeidung eine Schlüsselstrategie der Mobilitätswende. Insbesondere in den Bereichen des motorisierten Individualverkehrs, Güter- und Wirtschaftsverkehrs und Luftverkehrs braucht es Maßnahmen zur Vermeidung von Verkehr. Die Verkehrsverlagerung zu treibhausgasfreien sowie -effizienteren Verkehrsmitteln ist die zweite Schlüsselstrategie: Für den Personenverkehr bedeutet dies eine Stärkung des Umweltverbundes (Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV), Rad- und Fußverkehr) gegenüber dem MIV. Güter sollten vermehrt über die Schiene und Schifffahrtswege transportiert werden. Die dritte Schlüsselstrategie ist die Antriebswende. Es sollten klimaneutrale sowie effiziente nicht-fossilen Antriebsmöglichkeiten genutzt werden. Die höchste Energieeffizienz im Verkehrssektor weist in Batterien gespeicherte oder leitungsgebundene elektrische Energie auf. Wasserstoff, strombasierte sowie biogene Kraftstoffe können bei entsprechenden Rahmenbedingungen eine Alternative bieten.

Handlungsschwerpunkte

Die vorgeschlagenen Maßnahmenpakete orientieren sich an der Aufteilung des Handlungsfeldes Verkehr und Mobilität in fünf **Handlungsschwerpunkte**, die im Kabinettsbeschluss 459/21 vom 16. November 2021 festgelegt wurden²¹³ (Landesregierung Brandenburg 2021):

²¹² Für landwirtschaftlichen Verkehr und den Verkehr von Baufahrzeugen werden keine spezifischen Maßnahmenvorschläge getroffen. Die Maßnahmenvorschläge im Handlungsschwerpunkt Güter- und Wirtschaftsverkehr schließen diese Verkehre allerdings mit ein.

²¹³ Die Handlungsschwerpunkte Stärkung des Radverkehrs und Stärkung des Fußverkehrs wurden zusammengefasst, um eine einheitliche Systematik mit der sich derzeit in Erarbeitung befindlichen Mobilitätsstrategie zu erreichen, in der diese Handlungsschwerpunkte unter dem Namen „Nahmobilität“ zusammengefasst sind.

- Stärkung des ÖPNV (SPNV, übriger ÖPNV)
- Motorisierter Individualverkehr (MIV)
- Stärkung des Rad- und Fußverkehrs
- umweltgerechte Gestaltung des Güter- und Wirtschaftsverkehrs
- Luftverkehr.

Über alle Handlungsschwerpunkte hinweg gibt es **Querschnittsthemen**, welche für mehrere Maßnahmenpakete relevant sind. Dies betrifft vor allem das Thema Antriebswende: Die Flotten im ÖPNV, MIV und Güter- sowie Wirtschaftsverkehr müssen auf alternative Antriebe umgestellt werden und die entsprechende **Lade- und Tankinfrastruktur** für die alternativen Kraftstoffe muss aufgebaut werden. Die **Clean Vehicles Directive** (CVD) und die daraus resultierende Umsetzung in nationales Recht, das Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungsgesetz, steuert die Erneuerung der kommunalen Flotten hin zu alternativen Antrieben im ÖPNV sowie in einigen Bereichen des Wirtschaftsverkehrs (SaubFahrzeugBeschG 2021). Auch die **Digitalisierung** kann in mehreren Handlungsschwerpunkten dazu beitragen, Verkehr zu vermeiden und zu verlagern.

Zwei Themen von besonderer **HS-übergreifender** Bedeutung wurden in eigenen Maßnahmenpaketen erfasst: Die **Unterstützung der Kommunen** durch das Land bei der Umsetzung der Maßnahmenvorschläge sowie die **Raum- und Verkehrsinfrastrukturplanung**. Themen, welche über das HF Verkehr und Mobilität hinaus alle Handlungsfelder des Landes Brandenburg betreffen, werden im Handlungsfeld 8 behandelt.

Bezug zu Landesstrategien

Die vorliegenden Maßnahmenvorschläge sollen die bestehenden Landesstrategien wirksam ergänzen. Das Land erarbeitet derzeit eine Reihe neue Vorgaben im Bereich Mobilität: **Mobilitätsstrategie, Mobilitätsgesetz, Landesnahverkehrsplan, das Radverkehrs- und das Güterverkehrskonzept**. In den genannten Gesetzen, Plänen und Strategien werden ebenfalls konkrete Maßnahmen festgelegt. In die Entwicklung der Maßnahmenvorschläge wurde der Entwurf des Landesnahverkehrsplans 2023 – 2027 einbezogen (VBB 2022). Im Koalitionsvertrag wurde das Ziel festgelegt, den Anteil des Umweltverbundes am Modal Split bis 2030 auf 60 % zu erhöhen (SPD Brandenburg et al. 2019). Zur Erreichung dieses Zieles wurde vom MIL ein Gutachten in Auftrag gegeben (Perner et al. 2021). Die Ziele und Vorschläge des Gutachtens sind wichtige Bausteine für einen klimaneutralen Verkehr in Brandenburg und wurden in diesem Gutachten zum Teil aufgenommen. Zudem wurden Hinweise von an den Strategieentwicklungen teilnehmenden Akteuren verarbeitet. Im Bereich Antriebswende fehlt derzeit noch eine landesweite und übergreifende Strategie.²¹⁴

Rahmenbedingungen auf Bundesebene

Der **Bund** und die EU setzen im Verkehrsbereich wichtige Grundlagen für Klimaneutralität. Brandenburg muss die Klimaschutzmaßnahmen des **Bundes** und der EU ergänzen, um Klimaneutralität im Verkehr zu erreichen. Obwohl der Bund sich dem Ziel der THG-Minderung verschrieben hat, reichen die im Bundeskoalitionsvertrag (KoaV) (2021 – 2025) beschriebenen verkehrlichen Maßnahmen nach Einschätzung wissenschaftlicher Untersuchungen nicht aus (SPD et al. 2021;

²¹⁴ Eine übergreifende Strategie meint hier die Lade- und Tankbedarfe unterschiedlicher Stakeholder wie Privatpersonen, Verkehrsbetrieben, wirtschaftlichen Flotten und Anderen gemeinsam zu erfassen und Synergiemöglichkeiten und Gegenden mit Unterversorgung zu identifizieren.

Matthes et al. 2022). Das **Land Brandenburg** muss diese Maßnahmen durch **eigene Anstrengungen** ergänzen. Allerdings werden wichtige Themen im HF Verkehr und Mobilität auf Bundesebene entschieden und fallen in die Zuständigkeit des Bundes. Für die Umsetzung der Empfehlungen in den nachfolgend aufgeführten Kernthemen sollte sich das Land Brandenburg in den Bund-Länder-Austauschformaten, im Bundesrat und bei der Europäischen Union einsetzen, weil sie primär auf übergeordneter Ebene des Bundes und der EU entschieden und geregelt werden.

Ein weiterer wichtiger Schritt auf Bundesebene im Bereich **Straßenverkehr** ist eine Anpassung der **Straßenverkehrsordnung** (StVO) im Zuge einer Novellierung des Straßenverkehrsgesetzes. Klimaneutraler Verkehr, Umwelt- und Gesundheitsschutz sowie die städtebauliche Entwicklung sollten dabei gesetzliche Ziele und Regelungsbestandteile der StVO werden. Hiermit würde den Kommunen mehr Handlungsspielraum für eine klimagerechte Gestaltung des innerörtlichen Straßenverkehrs gegeben, etwa durch die Einrichtung verkehrsberuhigter Zonen und der Vergabe von mehr Flächen für den Umweltverbund. Im Zuge einer Novellierung der StVO sollten auch die kommunalen Gestaltungsmöglichkeiten für 30 km/h- **Geschwindigkeitsbegrenzungen** angepasst werden. Sie bieten großes Potenzial zur THG-Minderung bei Pkw und Nfz (Nutzfahrzeugen).

Für die Bearbeitung folgender Themen beim **MIV** sollte sich das Land beim Bund stark machen: Seit Jahren gibt es einen **Trend zu immer größeren Pkw**. Diese verbrauchen mehr Raum und Energie als kleine Fahrzeuge. Der Bund sollte durch entsprechende Maßnahmen auf eine Umkehrung dieses Trends hinarbeiten. Dies kann über eine höhere Besteuerung größerer Fahrzeuge oder festgelegten Grenzwerten zur Fahrzeuggröße geschehen. Mit einer stärkeren **Spreizung der Steuersätze in Abhängigkeit des CO₂-Ausstoßes** können weitere THG-Einsparpotenziale gehoben werden. Auch eine **Pkw-Maut** auf Bundesebene würde zu einer Verlagerung des Verkehrs in den Umweltverbund beitragen und kann eine Finanzierungsquelle zum Infrastrukturausbau im Umweltverbund sein.²¹⁵ Klimaschädliche Subventionen wie die **Pendlerpauschale** sollten in Abhängigkeit der THG-Emissionen der genutzten Verkehrsmittel gestaffelt werden.

Der Bund ist zudem für den **Personen-Fernverkehr** (PFV) zuständig. Daher wird dieser – weder auf der Straße noch auf der Schiene – in den Maßnahmenvorschlägen besonders adressiert. Allerdings sollte der PFV mitgedacht werden: Der **Streckenausbau im Schienenverkehr** sowie die Taktung der Regionalzüge im Land Brandenburg sollte mit dem deutschlandweiten Programm für den Schienenfernverkehr „**Deutschlandtakt**“ abgestimmt werden. Zudem sollte das Land beim Bund und der Deutschen Bahn (DB) auf eine verbesserte Anbindung seiner Fernverkehrsbahnhöfe an **Nachtzuglinien** drängen. Auch ein Ausbau und die Elektrifizierung der nationalen sowie grenzüberschreitenden und transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsstrecken im Fernverkehr ist nötig. Hierdurch kann Verkehr aus dem MIV und dem Flugverkehr auf die Schiene verlagert werden. Im Rahmen der Verlagerung vom PVF sollte der Bund zudem ein Verbot innerdeutscher Flüge prüfen.²¹⁶ Um den Ausbau des **regionalen Schienenverkehrs** vorantreiben zu können, sollte sich das Land für eine weitere Erhöhung der Regionalisierungsmittel einsetzen. Eine Erhöhung der Mittel ist im KoAV vorgesehen (SPD et al. 2021).

²¹⁵ Eine Pkw-Maut sollte vorrangig den Pkw-Fernverkehr sowie den Pkw-Verkehr in Ballungsgebieten bepreisen.

²¹⁶ Das französische Parlament hat im Jahr 2021 beschlossen, dass Inlandsflüge verboten werden, wenn eine alternative Zugverbindung von höchstens zweieinhalb Stunden existiert.

Im Bereich **Güter- und Wirtschaftsverkehr** kann die Abschaffung des **Dienstwagenprivilegs** auf Bundesebene zu einer Verlagerung von Personenwirtschaftsverkehr und privatem Personenverkehr auf den Umweltverbund beitragen. Der Bund sollte zudem Maßnahmen zur Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene durchsetzen: Das Verlagerungspotenzial einer **Lkw-Maut** auf allen Straßen sollte in einer groß angelegten Studie untersucht werden. Zudem muss der **Schieneinfrastrukturausbau** auf Bundesebene gestärkt werden. Seit der Bahnreform 1994 gab es einen massiven Rückgang **privater Gleisanschlüsse**. Der Bund sollte die Reaktivierung zentraler Anschlüsse stärker fördern. Zudem sollten die Mittel für das „**Ausbauprogramm elektrische Güterbahn**“ erhöht werden, um eine verstärkte Elektrifizierung des Schienengüterverkehrs zu ermöglichen. Hier sollen nach derzeitigen Planungen in der aktuellen Legislaturperiode (2021 – 2025) Mittel gekürzt werden. Die fehlenden Mittel im Ausbau des Schienengüterverkehrs auf Bundesebene betreffen auch den Personenverkehr auf der Schiene, da der Personenverkehr sowie der Güterverkehr auf viel befahrenen Strecken in Konkurrenz stehen. Es braucht auf Bundesebene eine **Trendwende in den Anstrengungen zum Ausbau des Schienengüterverkehrs**. Der Ausbau muss auch das transeuropäische Verkehrsnetz (TEN-V) berücksichtigen, welches für Brandenburg als Transitland von hoher Bedeutung ist.

Internationale Krisen wie die **Corona-Pandemie** und der **Ukraine-Krieg** haben auf Bundesebene Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten. Sie stellen kurzfristig große **Herausforderungen** dar, wie der Rückgang der Passagierzahlen im ÖPNV und das Einhalten von Hygienestandards während der Pandemie und das massive Ansteigen von Treibstoff- und Energiekosten durch den Krieg. Krisen bieten aber auch **Chancen** für Innovationen: Umfassendes Homeoffice und das 9-Euro-Ticket bzw. das neue Deutschlandticket sind für das Handlungsfeld Verkehr vielversprechende Neuerungen.

Governance

Das Gutachten befasst sich vorrangig mit vom **Land** zu treffenden Maßnahmen. Allerdings liegt die **Handlungshoheit** in wichtigen Bereichen von Verkehr, Mobilität und Planung beim Bund oder den Kommunen. Das Land sollte die **Kommunen** bestmöglich in der Definition und dem Erreichen von Zielen für einen klimaneutralen Verkehr unterstützen. Es werden Verantwortlichkeiten und Mitwirkungsbedarfe zur Umsetzung der Maßnahmenpakete genannt. Auch bei einer Zuständigkeit der Kommunen oder des Bundes sollte das Land eine proaktive und unterstützende Rolle zur Umsetzung der Maßnahmen einnehmen.

Es bedarf einer verbesserten **Verzahnung von Raum- und Fachplanung** zu Themen, welche den Verkehr betreffen. Das Land sollte seine Möglichkeiten ausschöpfen, um die in den Raumordnungsplänen zu nachhaltiger Mobilität und Siedlungsentwicklung festgeschriebenen Grundsätze durchzusetzen.

Finanzierung

Die Finanzierung der Verkehrswende sollte sich im **Haushalt der Landesregierung** widerspiegeln. Um notwendige Unterstützungsmaßnahmen für Verkehrswende zu leisten, sollten die erforderlichen finanziellen Mittel vom Gesetzgeber bereitgestellt werden. Weil der MIV zukünftig an Bedeutung verlieren soll, können Mittel vom Straßenverkehr zum Umweltverbund verlagert werden. Zusätzlich sollten die Autofahrenden über die Erhebung von Gebühren mehr an den Kosten

des MIV beteiligt werden.²¹⁷ Alternative Finanzierungsmodelle wie der Mobilitätspass²¹⁸ bergen – angepasst auf Brandenburger Verhältnisse – großes Potenzial zur Finanzierung des ÖPNV.²¹⁹ Zudem sollte auf eine finanzielle Eigenständigkeit des Flughafens Berlin-Brandenburg hingearbeitet werden. Die dadurch freiwerdenden Mittel können für Maßnahmen der Verkehrswende verwendet werden. Insgesamt ergeben sich durch die Mobilitätswende auch enorme Einsparpotenziale, etwa im Gesundheitswesen. Perner et al. rechnen aufgrund der erhöhten Verkehrssicherheit bei einem Anteil von 60 % des Umweltverbundes am Modal Split mit einem Einsparpotenzial von 62 Mio. € p. a. (2021).

Soziale Inklusion

Der Verkehr der Gegenwart ist in vielerlei Hinsicht **sozial ungerecht**. So sind die **Preise** für den öffentlichen Nahverkehr deutlich stärker gestiegen als die Kosten für den MIV. Dies benachteiligt Nutzende des ÖPNV, welche oftmals zudem finanziell schlechter gestellt sind (Frey et al. 2020; Ermes et al. 2020). Die aktuellen Entwicklungen zum 49-Euro-Ticket können eine sinnvolle Verbesserung darstellen. Spezifische **Umweltkosten des Autoverkehrs** werden zu großen Teilen auf die Gesellschaft abgewälzt. Der Weg zum klimaneutralen Verkehr in Brandenburg bietet daher auch eine Chance, die Mobilität künftig sozial gerechter zu gestalten (Kagermann 2021). Allerdings muss der für den ländlichen Raum wichtige MIV für die dort Lebenden bzw. Arbeitenden langfristig bezahlbar bleiben. Die soziale Inklusion ist bei den Maßnahmen stets mitzudenken und sicherzustellen. Das bedeutet auf die unterschiedlichen **Bedürfnisse verschiedener Gruppen von Nutzenden** zu achten. Dazu zählen der Ausbau der **Barrierefreiheit**²²⁰ in allen Mobilitätsmitteln und an den Haltepunkten, Aufgreifen geschlechter-, alters-, berufsbild- und rollenspezifischer **Bedürfnisse** in Bezug auf Sicherheit, Komfort, Unterstützungsbedarfe: Seniorinnen und Senioren haben andere Anforderungen an ein klimaneutrales Mobilitätssystem als junge Berufstätige die pendeln. Wichtig für den sozialen Ausgleich ist zudem die Stärkung der **Erreichbarkeit**, vor allem **im ländlichen Raum**. Durch diese sozial inklusiven Maßnahmen wird die **Akzeptanz** eines klimaneutralen Mobilitätssystems in Brandenburg gesteigert.

4.5.2 Maßnahmenempfehlungen

Beteiligung

Die Maßnahmenentwicklung erfolgte unter Berücksichtigung von Anregungen und Einschätzungen aus dem **Beteiligungsprozess** im Rahmen der Gutachtenerstellung zum Klimaplan des Landes Brandenburg. Dabei wurden die vorgeschlagenen Maßnahmen von den zuständigen Stakeholdern grundsätzlich befürwortet. Übernommen wurden u. a. der Hinweis zur Beachtung der Be-

²¹⁷ Vorrangig im Fernverkehr sowie in Ballungsräumen.

²¹⁸ Der Mobilitätspass beinhaltet eine verpflichtende kommunale Gebühr zur Finanzierung eines stark ausgebauten ÖPNV (Stm Bwl 2022).

²¹⁹ Straßengebühren, erhöhte Parkplatzgebühren oder Instrumente wie der Mobilitätspass werden unter dem Begriff der „dritten Säule“ zur Finanzierung des ÖPNV diskutiert. Neben den Erlösen aus dem Ticketverkauf und der Finanzierung über Steuereinnahmen sollen auch weitere Nutznießerinnen und Nutznießer eines ausgebauten ÖPNV-Angebotes an der Finanzierung beteiligt werden.

²²⁰ Die EU hat ein Vertragsverletzungsverfahren gegen den Bund eingeleitet, da dieser die Richtlinie (EU) 2019/882 zur Barrierefreiheit (u. a. im ÖPNV) noch nicht in nationales Recht umgesetzt hat. Barrierefreiheit im ÖPNV ist also zwingend geboten.

dürfnisse der verschiedenen Gruppen von Nutzenden im Verkehr sowie Anregungen zur Verbesserung des Güterverkehrs. In der Diskussion der Maßnahmenentwürfe wurden auch die zuständigen Ressorts der Landesregierung beteiligt. Aus diesen Hinweisen sowie aus den 271 im Rahmen der Online-Beteiligung eingereichten Maßnahmenvorschlägen, wurden Ergänzungen und Anpassungen an den Maßnahmenentwürfen vorgenommen. In der Online-Beteiligung sind vor allem Forderungen zur Mobilitätswende stark vertreten: Stärkung des ÖPNV und des Radverkehrs und Abbau der Privilegien des MIV. Aus dem Kommunen-Workshop wurden zielführende Hinweise zur Mobilität im ländlichen Raum, Ladeinfrastruktur (LIS) und ÖPNV aufgenommen und beachtet, dass die Kommunen eine starke Unterstützung des Landes zur Umsetzung der Maßnahmen wünschen.

Ausgangslage

Der **Straßenverkehr** verursachte im Jahr 2020 (Pandemie-bereinigt) **85 % der THG-Emissionen** des Verkehrssektors im Land Brandenburg. Etwa **65 % des Endenergieverbrauchs im Straßenverkehr** gehen auf den **MIV im Pkw** zurück. Der restliche Endenergieverbrauch fällt fast vollständig dem Lkw-Verkehr zu, welcher sich aus leichten sowie schweren Nfz zusammensetzt. Vor allem leichte Nfz weisen in den letzten Jahren einen Anstieg bei den Zulassungszahlen auf (Hirschl et al. 2022). Der **Anteil des MIV an der Gesamtheit der Wege (Modal Split) ist von 2008 bis 2017 gestiegen** und die Anzahl an Pkw pro Einwohnerinnen und Einwohnern hat zugenommen (Ermes et al. 2020). Der Anteil des Umweltverbundes am Modal Split im genannten Zeitraum ist dagegen rückläufig. Insgesamt ist der Umweltverbund mit einem Anteil von 42 % am Modal Split noch weit von dem angestrebten Ziel der aktuell amtierenden Landesregierung entfernt. Dieses sieht vor, dass bis 2030 60 % aller Wege durch den Umweltverbund zurückgelegt werden. Insgesamt geht der Trend im Verkehrssektor immer noch in die falsche Richtung²²¹ und es sind enorme Anstrengungen von Seiten des Landes notwendig, um eine **Trendumkehr in der Mobilität** im Land Brandenburg herbeizuführen (Hirschl et al. 2022).

Um das zu erreichen, muss ein großer Teil des MIV in den nächsten Jahren auf den ÖPNV und die Nahmobilität verlagert werden. Brandenburg bietet für dieses Bestreben gute Voraussetzungen, insbesondere im Berliner Umland und in den größeren Mittel- und Oberzentren des Weiteren **Metropolitanraums** sind hohe Verlagerungspotenziale vorhanden. Aufgrund seiner **flachen Topografie** eignet es sich gut für den Rad- und Schienenverkehr. Brandenburg ist jedoch auch durch seine **überwiegend ländlichen und dünn besiedelten Räume** geprägt. Trotz innovativer Mobilitätskonzepte wird der Pkw im Land, insbesondere in den kleineren Städten und Gemeinden, weiterhin eine wichtige Rolle in der Mobilität spielen. Daher sind eine Stärkung der Elektromobilität sowie Maßnahmen zur Vermeidung und Verlagerung des MIV für das Land von besonderer Bedeutung.

Um Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, braucht das Land im HF Verkehr und Mobilität die **Antriebs- und die Mobilitätswende** (Vermeidung und Verlagerung). Die Antriebswende birgt großes Potenzial zur **Vermeidung von THG-Emissionen**. Allerdings sind auch die THG-Vermeidungspotenziale der Mobilitätswende essentiell, um die Ziele zu erreichen (Wünsch et al. 2021). Die Antriebswende wird durch EU- und Bundesgesetzgebung maßgeblich vorgebracht. Die Erfolge lassen sich bereits heute an den Anteilen von Elektrofahrzeugen an den Neuzulassungen

²²¹ Vor allem aufgrund von steigenden Pendelverkehren im MIV und mangelnden alternativen im ÖPNV.

ablesen.²²² Der Verkauf von Pkw und leichten Nfz, welche CO₂ emittieren, soll nach einem Beschluss des EU-Umweltrates ab 2035 eingestellt werden. Für schwere Nfz werden ähnliche Regelungen angestrebt (Rat der Europäischen Union 2022a). Das Land Brandenburg sollte vor diesem Hintergrund und unter Beachtung der Zuständigkeiten des Bundes in diesem Bereich die ausreichende Versorgung mit der nötigen LIS fördern, um die großen THG-Einsparpotenziale der Antriebswende innerhalb seiner Grenzen zu heben. Dieser politische Schub auf EU- oder Bundesebene ist im Bereich der Mobilitätswende (Vermeidung und Verlagerung) derzeit weniger gegeben. Daher muss sich das Land in besonderem Maße für die Mobilitätswende einsetzen. Hinzu kommt, dass die Mobilitätswende regional und lokal umgesetzt werden muss. Neben den im Verkehrssektor bilanzierten THG-Emissionen, werden durch die Mobilitätswende sogenannte graue THG-Emissionen vermieden. Das sind Emissionen, die beispielsweise bei der Herstellung von Pkw und dem Bau von Straßen anfallen. Zudem werden durch die Mobilitätswende in erheblichem Maß Lärm- und Luftschadstoffemissionen vermieden. Weitere positive Effekte wie die geringere Versiegelung von Flächen können erzielt werden.

Handlungsempfehlungen

Den Landkreisen und **Kommunen** kommt eine sehr wichtige Rolle bei der Umsetzung der Verkehrswende im Land Brandenburg zu. Damit die Verkehrswende in den Kommunen umgesetzt werden kann, braucht es von der **Kommunalpolitik** klare Vorgaben wie die Ziele, Strategien und Maßnahmen des Landes auf kommunaler Ebene umgesetzt werden können. Außer im Handlungsschwerpunkt Luftverkehr sind die Kommunen von allen Maßnahmenvorschlägen betroffen. Aufgrund dieser hohen Anforderungen an die Kommunen schlagen wir ein Kompetenzzentrum klimaneutrale Mobilität vor, welches die Kommunen zentral von Seiten des Landes bei der Planung und Umsetzung der Verkehrswende unterstützen sollte (Tabelle 70).

Die **Reihenfolge der Maßnahmenpakete** folgt den einzelnen Handlungsschwerpunkten (HS) aus der Kabinetttvorlage Nr. 459/21 „Aufstellung eines Klimaplanes für Brandenburg - Zwischenstand“. Die wichtigsten Maßnahmen sind die HS-übergreifenden Pakete, da sie wichtig zur Umsetzung der weiteren Maßnahmen sind (4-1) und das gesamte HF betreffen (4-2). Die weitere Reihenfolge entspricht der herausragenden Bedeutung des Straßenverkehrs bei den THG-Emissionen und hier wiederum der sehr großen Bedeutung des MIV im Straßenverkehr. Die Untermaßnahmen sind nach inhaltlichen Gesichtspunkten angeordnet. Neben den in diesem Text hervorgehobenen Aspekten kann keine weitere deutliche Priorisierung der Maßnahmen getroffen werden. Mobilitätskonzepte bedürfen stets eines ganzheitlichen Ansatzes, welcher immer mehrere Maßnahmen zwingend einschließt.²²³

²²² „Im Land Brandenburg stieg 2021 laut Kraftfahrt-Bundesamt die Zahl neu zugelassener Pkw mit alternativen Antrieben gegenüber dem Vorjahr um 56,3 Prozent auf 21 209 an.“ (Statistik bbb 2022)

²²³ Auch die hohen Einsparpotenziale der Antriebswende können nicht für eine Priorisierung der entsprechenden Maßnahmen auf Landesebene dienen. Die Förderung der Antriebswende obliegt zum Großteil der EU und dem Bund, zudem sind zur Erreichung der Klimaneutralität auch Maßnahmen zur Mobilitätswende essentiell.

Tabelle 70: Maßnahmenübersicht und Zuordnung der Maßnahmenpakete zu Handlungsschwerpunkten

Quelle: Eigene Darstellung.

Nr.	Maßnahmenpaket	Handlungsschwerpunkt				
		ÖPNV	MIV	Rad- und Fußverkehr	GüWi-Verkehr	Luftverkehr
4-1	Kompetenzzentrum klimaneutrale Mobilität	X	X	X	X	
4-2	Raum- und Verkehrsplanung sowie Planungsumsetzung	X	X	X	X	X
4-3	Bereitstellung und Ausbau ÖPNV-Angebot und -Infrastruktur	X	X			
4-4	Attraktivität des ÖPNV für Fahrgäste steigern	X				
4-5	Antriebswende bei Bus und Bahn	X				
4-6	Reduktion von Fahrten im MIV		X			
4-7	Nutzung des öffentlichen Raumes		X	X		
4-8	Unterstützung der Antriebswende im MIV		X			
4-9	Förderung des Rad- und Fußverkehrs		X	X		
4-10	Verlagerung und Vermeidung von Güterverkehr				X	
4-11	Verlagerung und Vermeidung von Wirtschaftsverkehr		X		X	
4-12	Unterstützung der Antriebswende im Güter- und Wirtschaftsverkehr				X	
4-13	Reduktion der Flugemissionen					X

Der **ÖPNV** sollte eine herausragende Rolle bei der Gestaltung der Verkehrswende im Land Brandenburg spielen. Dies wird auch im Koalitionsvertrag des Landes Brandenburg (2019 – 2024) anerkannt (SPD Brandenburg et al. 2019). Um dieses Ziel erreichen zu können, muss es einen starken Ausbau des ÖPNV-Angebots geben. Der Ausbau des Angebotes sollte mit einer attraktiven Preisstruktur und komfortablen Nutzung für die Fahrgäste einhergehen. Bisher nicht elektrifizierte Streckenabschnitte der Bahn sollten elektrifiziert oder ggf. auf Wasserstoffmobilität umgerüstet und die Busflotten mit alternativen Antrieben ausgestattet werden.

Damit das Land - wie im Koalitionsvertrag vereinbart - den Anteil des Modal Split im Umweltverbund bis zum Jahr 2030 auf 60 % steigern kann, muss der **MIV** reduziert und verlagert werden (SPD Brandenburg et al. 2019). Hierbei bestehen vorrangig Potenziale in Berlin und im Berliner Umland sowie in größeren Städten, insbesondere den Oberzentren. Die Maßnahmenvorschläge im Handlungsschwerpunkt MIV behandeln deshalb Chancen zur Reduktion von Fahrten und eine

Aufteilung der Verkehrsfläche zugunsten des Umweltverbundes. Diese Umverteilung sollte vorrangig zugunsten der **Nahmobilität** geschehen, um MIV zum Rad- und Fußverkehr zu verlagern. Die Nahmobilität sollte durch ein deutlich verbessertes Infrastrukturangebot gestärkt werden. Der verbleibende Verkehr im MIV – dies betrifft vorrangig den ländlichen Raum – muss schrittweise weiter elektrifiziert werden.

Im **Güterverkehr** versuchen die Betriebe aus Kostengründen die Routen zu optimieren und Fahrten voll auszulasten. Um den Güterverkehr umweltfreundlicher zu gestalten, sollte die Landesregierung gemeinsam mit der DB sowie dem Bund den Ausbau der Schieneninfrastruktur für den Güterverkehr stärken, um eine Verlagerung von Güterverkehr von der Straße auf die Schiene zu fördern. Der Anstieg bei den Einzelhandels-Sendungen sollte durch innovative (letzte Meile) Logistik-Konzepte aufgefangen werden. Regionales Wirtschaften sollte gefördert werden. Der **Wirtschaftsverkehr** wird durch Pkw und leichte Nfz geprägt. Die Dienstwagenflotten sollten nach Möglichkeit reduziert und durch klimafreundliche Alternativen ersetzt werden.

Der **Luftverkehr** wird in Brandenburg hauptsächlich über den Flughafen Berlin-Brandenburg (BER) abgewickelt. Das Land Brandenburg ist Gesellschafter des Flughafens und sollte weiterhin Anstrengungen zur Deckelung der massiven Kosten sowie zur Vermeidung von Umweltbelastungen durch den Flugverkehr unternehmen. Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit müssen gleichrangige strategische Ziele des Flughafenbetriebs und des Luftverkehrs im Land sein. Zudem sollte das Land den intensiven Hochlauf zur Produktion und Bereitstellung von synthetischen Flugkraftstoffen fördern.

THG-Minderung

Die vorgeschlagenen Maßnahmen auf Landesebene müssen in ihrer ganzen Breite umgesetzt werden. Die Maßnahmenpakete sind darauf ausgerichtet, die Zielwerte für das Jahr 2030 aus dem favorisierten Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“ zu erreichen. Die Zielwerte beinhalten Angaben zu Verkehrsträgeranteilen in Personenkilometern und dem Antriebsmix. Werden diese Zielwerte erreicht, kann erfolgreich der **Pfad zur Klimaneutralität** eingeschlagen werden um das Ziel der Klimaneutralität im HF Verkehr und Mobilität im Jahr 2045 zu erreichen. Dazu braucht es eine Trendumkehr bei den THG-Emissionen, welche bis 2020 gestiegen sind. Zudem können die Ziele ohne Maßnahmen auf Bundes- und EU-Ebene nicht erreicht werden. Die dargestellten THG-Einsparpotenziale zeigen also, welche Mengen CO_{2e}²²⁴ im Land Brandenburg eingespart werden können, wenn Maßnahmen im Land Brandenburg (und seinen Kommunen) sowie Bundes- und EU-Maßnahmen zusammen dazu führen, dass die Zielwerte zu Verkehrsträgeranteilen und Antriebsmix aus dem favorisierten Szenario erreicht werden (Tabelle 71).²²⁵

Der Anteil der Landesmaßnahmen an der THG-Minderung wird geschätzt. Neben den hier dargestellten THG-Minderungen kommt es auch durch den erwarteten technologischen Fortschritt zu großen Einsparungen der THG-Emissionen, welche zur Erreichung von Klimaneutralität nötig sind.²²⁶ Die erwarteten THG-Einsparungen durch Effizienzsteigerungen wurden im Vorfeld der

²²⁴ Zur Darstellung der THG-Emissionen in CO_{2e} (CO₂-Äquivalent) siehe Hirschl et al. (2022).

²²⁵ Es kann aufgrund unterschiedlicher Rechnungswege leichte Abweichungen zwischen den THG-Zielwerten aus dem Szenario und den hier geschätzten THG-Einsparpotenzialen geben. Zudem beinhalten die THG-Werte in den Szenarien Effizienzsteigerungen, während die Werte in dieser Schätzung Effizienzsteigerungen ausklammern (da Effizienzsteigerungen von den Maßnahmen nicht adressiert werden).

²²⁶ Maßnahmen zur technologischen Effizienzsteigerung werden lediglich im Handlungsschwerpunkt Güter- und Wirtschaftsverkehr im Steckbrief zur Vermeidung und Verlagerung von Güterverkehr explizit adressiert. Darüber hinaus

Schätzung herausgerechnet, da die vorgestellten Maßnahmenpakete technologische Effizienzsteigerungen nur marginal adressieren.

Tabelle 71: Schätzung der THG-Einsparpfade mit THG-Einsparpotenzial im Jahr 2030 (Basisjahr 2020) und den auf sie einzahlenden Maßnahmenpaketen (in CO_{2e})

Quelle: Eigene Berechnung.

THG-Einsparpfad	THG-Einsparpotenzial im Jahr 2030	Maßnahmenpakete
Vermeidung MIV	0,10 Mt CO _{2e}	Reduktion von Fahrten im MIV (4-6), Nutzung des öffentlichen Raumes (4-7), Verlagerung und Vermeidung von Wirtschaftsverkehr (4-11)
Verlagerung von MIV zu ÖPNV	0,05 Mt CO _{2e}	Bereitstellung und Ausbau ÖPNV-Angebot und -Infrastruktur (4-3), Attraktivität des ÖPNV für Fahrgäste steigern (4-4), Nutzung des öffentlichen Raumes (4-7), Verlagerung und Vermeidung von Wirtschaftsverkehr (4-11)
Verlagerung von MIV zu Nahmobilität	0,06 Mt CO _{2e}	Nutzung des öffentlichen Raumes (4-7), Förderung des Rad- und Fußverkehrs (4-9), Verlagerung und Vermeidung von Wirtschaftsverkehr (4-11)
Antriebswende im MIV	0,42 Mt CO _{2e}	Unterstützung der Antriebswende im MIV (4-8), Unterstützung der Antriebswende im Güter- und Wirtschaftsverkehr (4-12)
Antriebswende im ÖPNV	0,08 Mt CO _{2e}	Antriebswende bei Bus und Bahn (4-5)
Vermeidung und Verlagerung von Güterverkehr	0,20 Mt CO _{2e}	Verlagerung und Vermeidung von Güterverkehr (4-10)
Antriebswende im Güterverkehr	0,22 Mt CO _{2e}	Unterstützung der Antriebswende im Güter- und Wirtschaftsverkehr (4-12)
PtL-Kerosin im Flugverkehr	0,02 Mt CO _{2e}	Reduktion der Flugemissionen (4-13)
Gesamteinsparpotenzial im Jahr 2030 ²²⁷	1,15 Mt CO _{2e}	alle

Zur Schätzung der THG-Einsparpotenziale werden für das Handlungsfeld Verkehr **THG-Einsparpfade** definiert. Diese betrachten sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr jeweils die Vermeidung, die Verlagerung und die Antriebswende (Tabelle 71). Die konkreten THG-Minderungen ergeben sich durch Veränderung und Verlagerung von Fahrzeugkilometern. Im Flugverkehr wird die THG-Reduktion durch die Umstellung auf PtL-Kerosin betrachtet. Für jeden Pfad wurde ein THG-Minderungspotenzial geschätzt, welches zur Erreichung der Sektorziele ausgeschöpft werden sollte. In der nachfolgenden Darstellung der Maßnahmenvorschläge werden die Minderungspotenziale jener Einsparpfade dargestellt, in welche das jeweilige Maßnahmenpaket einzahlte. Sofern mehrere Maßnahmenpakete auf einen THG-Einsparpfad einzahlen, wird nur der Gesamtwert

wird davon ausgegangen, dass die Effekte des allgemeinen technologischen Fortschritts auch im Land Brandenburg wirksam werden. Die Förderung des technologischen Fortschritts geschieht hauptsächlich über Bundesmittel zur Förderung von Forschung und Entwicklung.

²²⁷ Ohne Effizienzsteigerungen

des THG-Einsparpfades dargestellt. Zur Schätzung der THG-Einsparpotenziale wurde das nächste Stützjahr 2030 gewählt. Die Schätzwerte geben an, wieviel THG im Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 2020 eingespart werden kann, wenn die Maßnahmen vollumfänglich durchgeführt werden.²²⁸

Die Maßnahmen zur **Vermeidung, Verlagerung und Antriebswende** sollten parallel umgesetzt werden. Für die Schätzung der Minderungspotenziale ist es jedoch nötig, die drei Strategien getrennt voneinander zu betrachten. Daher wurde als erster Schritt das Potenzial für die Vermeidung geschätzt. Die resultierende Verkehrsleistung wurde zur Schätzung des Potenzials zur Verlagerung herangezogen. Die Verkehrsleistung nach Vermeidung und Verlagerung wurde dann für die Schätzung des Potenzials der Antriebswende herangezogen. Im Einklang mit der Gesamtbilanzierung des Gutachtens zum Klimaplan Brandenburg wurde eine quellenbasierte Treibhausgas-Schätzung angelegt. Dadurch fallen Emissionen, welche etwa bei der Produktion von Strom für den elektrisch angetriebenen Verkehr entstehen, dem Energiesektor zu. Die Potenziale der Verlagerung und Antriebswende fallen dadurch größer aus als bei einer Schätzung nach dem Verursacherprinzip. Um die THG-Einsparpotenziale der Verlagerung und Antriebswende im Verkehr voll auszuschöpfen, muss es eine parallel verlaufende Energiewende zur Senkung der Emissionen für die Stromproduktion geben.

Nachfolgend werden die in Tabelle 70 gelisteten Maßnahmen im Einzelnen strukturiert und beschrieben.

²²⁸ Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen für 2030 ohne Maßnahmendurchführung wurden in Bezug zu 2020 gleiche Werte beim Antriebsmix sowie den Verkehrsträgeranteilen angenommen. Im Szenario ohne Maßnahmendurchführung wurde von einer steigenden Verkehrsnachfrage ausgegangen.

4.5.2.1 HF 4-1: Kompetenzzentrum klimaneutrale Mobilität

Beschreibung

Klimaneutrale Mobilität ist komplex, und viele Beteiligte müssen bei der Entwicklung und Umsetzung eingebunden werden. Die Kommunen stehen für viele Maßnahmen in der Verantwortung. Allerdings fehlt es ihnen oft an finanziellen Mitteln, Know-how und Personal zur Umsetzung der Aufgaben. Klimaneutrale Mobilität sollte in den Fokus der kommunalen Aktivitäten zum Klimaschutz rücken. Das Kompetenzzentrum klimaneutrale Mobilität (KkM) soll die Kommunen durch Beratung, Qualifizierung und Vernetzung befähigen, die Herausforderungen zu bewältigen und als zentrale Anlaufstelle dienen. Bei zentrale Planungsaufgaben für Themen, die eine Kommunen übergreifende Planung erfordern, kann das Kompetenzzentrum Expertise aufbauen und bereitstellen, sofern diese Aufgaben nicht von den bestehenden Aufgabenträgern übernommen werden.

Das Kompetenzzentrum kann als eigenständige Institution gegründet werden.²²⁹ Der Rechtscharakter und die mögliche organisatorische Einbindung des Kompetenzzentrum klimaneutrale Mobilität in bestehende Strukturen ist landesseitig zu entscheiden. Die Themen des Kompetenzzentrums fallen vorrangig in die Aufgabenbereiche des Ministeriums für Infrastruktur und Landesplanung sowie des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Energie. Die beiden Ministerien sollten daher als Träger des Kompetenzzentrums fungieren. Wichtige Stakeholder wie der VBB und das Landesamt für Bauen und Verkehr (LBV) können als weitere Träger und Kooperationspartner dienen. Das Kompetenzzentrum kann Regionalstellen einrichten, um Synergieeffekte mit lokal bestehenden Strukturen und bestehenden des VBB und LBV zu nutzen und in den Kommunen vor Ort präsent zu sein.

Folgende **Themen** sollte das KkM bearbeiten und unterstützen:

1. **Kommunales und betriebliches Mobilitätsmanagement:**²³⁰ Fachliche Unterstützung bei konkreten Maßnahmen in den Kommunen. Das kommunale Mobilitätsmanagement kann durch Mobilitätsmanager und -managerinnen durchgeführt werden, welche am KkM angesiedelt sind. Die Ausbildung dieser Fachkräfte kann über die Deutsche Plattform für Mobilitätsmanagement (DEPOMM) e.V. durchgeführt werden. Zudem können Unternehmen zum betrieblichen Mobilitätsmanagement beraten werden.
2. **Förderung Nahmobilität:** Fachliche Unterstützung der Kommunen im Bereich Nahmobilität, Koordination kommunenübergreifender Maßnahmen, insbesondere im Radverkehr sowie Verzahnung kommunaler Projekte mit der Landesstrategie.
3. **Handlungsstarke Verwaltung:** Unterstützung der Kommunen bei der Definition von kommunalpolitische Zielen, Weiterbildungsmaßnahmen für Führungskräfte und Fachpersonal zu Inhalten und Gründen für eine Verkehrswende.
4. **Planung, Koordination und Vernetzung LIS und Wasserstoff**²³¹: Zur Planung von LIS und Wasserstofftankstellen sollten in Ergänzung zu den Aktivitäten des Bundes sowie der Stabstelle für Elektro- und Wasserstoffmobilität der Wirtschaftsförderung Brandenburg Daten- und Planungsgrundlagen zur Verfügung gestellt werden sowie die entsprechenden proaktiv Stakeholder vernetzt werden.
5. **Monitoring:** Monitoring der Fortschritte. Entwicklung eines Konzeptes zur Datenerfassung und -auswertung. Die Ergebnisse sollten regelmäßig (etwa alle zwei Jahre) veröffentlicht

²²⁹ Das Zukunftsnetz Mobilität in Nordrhein-Westfalen kann dafür beispielgebend sein (<https://www.zukunftsnetz-mobilitaet.nrw.de/> [06.07.2022]).

²³⁰ Siehe dazu auch das Handbuch „Kommunales Mobilitätsmanagement als Change-Management-Prozess“ (Jansen et al. 2020).

²³¹ „Das BMDV prüft in Abstimmung mit dem BMJ und dem BMI bis Q3/2023 die Möglichkeit einer gesetzlichen Verpflichtung der Länder, ein Mindestangebot lokaler Gesamtladeleistung sicherzustellen, wenn trotz Flächenangebots keine ausreichenden privatwirtschaftlich tragbaren Ladeangebote absehbar sind“ (BMDV 2022a).

werden. Falls schleppende Fortschritte identifiziert werden, sollte eine Hemmnisanalyse die Gründe identifizieren und es sollten Maßnahmen zur Beseitigung der Hemmnisse vorgeschlagen werden.

6. **Fördermittel:** Unterstützung der Kommunen bei der Fördermittelbeantragung, zentrale Erfassung der dynamischen Fördermittellandschaft. Zudem können Lücken in der Fördermittellandschaft (hoher Bedarf, unzureichendes Angebot) identifiziert und das Land zum Schließen der Lücken (über eigene Mittel oder eine Bundesinitiative) aufgefordert werden.
7. **Kommunikation:** Positives Narrativ der Verkehrswende, Entwicklung gemeinsamer Vision mit Stakeholdern in Kommunen durch Workshops (Richert und Hoffmann 2022), Vision als Grundlage für eine kommunalpolitische Zieldefinition, Kommunikationsmaterial zu Good-Practices
8. **Fachkräfteausbildung:** Zentrale Koordination der Fachkräfteausbildung. Das KkM sollte Fachkräftebedarfe frühzeitig erkennen und die entsprechenden Stakeholder aktivieren. Spezifische Weiterbildungen können auch direkt am KkM angeboten werden.

Kategorie

Kategorie: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben, Konzepte/Studien/Leitfäden, Information/Beratung/Vernetzung, Personal, Bildung und Qualifizierung

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz, Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie)

Mitwirkungsbedarf: Ministerium für Inneres und Kommunales Brandenburg, Industrie-, Handels- und Handwerkskammern, Verbände, Landesamt für Bauen und Verkehr, VBB, Stabstelle für Elektro- und Wasserstoffmobilität der Wirtschaftsförderung Brandenburg

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: langfristig

Zielgruppen

Kommunen

THG-Minderung

Indirekte THG-Minderungswirkung: Das Kompetenzzentrum stärkt die Umsetzung der weiteren Maßnahmenpakete auf kommunaler Ebene.

Nutzen

Direkter Nutzen: Umsetzung der Maßnahmenvorschläge auf kommunaler Ebene

Indirekter Nutzen: Strategische Ziele im Handlungsfeld Verkehr und Mobilität werden erreicht. Vermeidung, Verlagerung und Antriebswende im Verkehr

Aufwand

Direkter Aufwand: Es entsteht ein jährlicher Aufwand für Personal. Das Zukunftsnetz NRW bewältigt die Aufgaben im Bereich kommunales Mobilitätsmanagement mit ca. 40 Mitarbeitenden. Dies kann als grober Anhaltspunkt für den benötigten Personalaufwand dienen. Die Finanzierung sollte zum Großteil vom Land getragen werden. Weitere Träger können zur Finanzierung beitragen.

Indirekter Aufwand: Akzeptanz von Maßnahmen für einen klimaneutralen Verkehrssektor

4.5.2.2 HF 4-2: Raum- und Verkehrsplanung sowie Planungsumsetzung

Beschreibung

Die Siedlungs- und die Verkehrsinfrastruktur ist zukünftig nicht mehr primär auf die Nutzung des Autos auszulegen. Bislang sind in Städten (das schließt Kleinstädte mit ein) drei Viertel der Neubauquartiere auf den MIV ausgerichtet (BBSR 2021). Um eine Priorisierung des Umweltverbundes in den Fachplanungen zu stärken, sollte die Zusammenarbeit zwischen Fachplanung und Raumplanung gestärkt werden. Das Land sollte bei der Umsetzung der Raumordnungspläne verstärkt auf die Einhaltung der festgelegten Prinzipien, welche zu einer klimaneutralen Mobilität beitragen, achten.

Aufgrund des demographischen Wandels steht das Land Brandenburg vor großen Veränderungen. Für das Berliner Umland wird bis zum Jahr 2030 eine steigende Bevölkerungsanzahl vorausgesagt. Für den weiteren Metropolraum werden schrumpfende Bevölkerungszahlen angenommen (LBV 2021). In den wachsenden Gebieten muss eine konsequente Politik dichter Siedlungsstrukturen entlang bestehender Verkehrsachsen verfolgt werden. Auf dem Land, wo die Bevölkerung abnimmt, muss die Nah- und Grundversorgung gewährleistet werden.

Die gegenwärtige Ausarbeitung der Landesstrategien im Verkehr sollte mit der Weiterentwicklung der räumlichen Landesplanung direkt verzahnt werden.

Ein weiterer übergreifender Aspekt in der Infrastrukturplanung sind die sehr langen Zeiträume von der Idee über die Planung bis zur Umsetzung. Damit das Verkehrssystem zügig dem Ziel eines klimaneutralen Verkehrssektors angenähert werden kann, braucht es eine deutliche Beschleunigung bei den Planungs- und Genehmigungsverfahren von verkehrlichen Infrastrukturprojekten.

Inhalt der Maßnahme:

1. Die **strategischen Planungsverfahren** müssen den **Grundsatz der Klimaneutralität** integrieren und hervorheben.
2. Die **Regionalplanung** muss die Prinzipien klimaneutraler Raumentwicklung konsequent verfolgen.
3. Die **kommunale INSEK** und **Bauleitplanung** in den Kommunen sollte die zur Förderung des Klimaschutzes bekannten Prinzipien konsequent umsetzen. Hierzu kann der im Beitrag zur Überarbeitung der Mobilitätsstrategie Brandenburg 2030 vorgeschlagene „**Mobilitätscheck**“ für Baumaßnahmen als Voraussetzung für Landesförderungen eingeführt werden (Perner et al. 2021).
4. **Integration der verschiedenen Verkehrsplanungsabteilungen:** Die Abstimmung zwischen den Straßen-, Nahmobilitäts- und ÖPNV-Planungen sollten gestärkt werden (etwa mit Unterstützung des Kompetenzzentrums klimaneutrale Mobilität, siehe [HF 4-1](#))
5. Ausrichtung der **Siedlungsstruktur entlang der Schienenstrecken** (Priebes 2021).
6. **Stärkung Kompakter Siedlungsstruktur** (Innen- vor Außenentwicklung), Orte der kurzen Wege (Priebes 2021) sowie Funktionsmischung in Quartieren. Landesseitige Maßnahmen zur Einschränkung der Siedlungsrandentwicklung sollten geprüft werden.
7. **Integrierte Standortplanung** für Industrie, Gewerbe und Handel mit Anbindung an den ÖPNV, Radverkehrsnetz, die Schiene und Wasserstraßen (Difu 2021).
8. **Vorsorgetrassen für Eisenbahninfrastruktur** sind in den kommunalen Planungen und Fachplanungen auszuweisen.
9. **Bevorzugung des Umweltverbundes in der Verkehrs- und Quartiersplanung.**
10. **Bevorzugung des Umweltverbundes bei Bautätigkeiten zum Straßenerhalt:** Ausbau der Rad- und Fußverkehrswege zu Lasten des MIV bei Bautätigkeiten an Straßen. Dies kann im Rahmen von Planfeststellungsverfahren gewährleistet werden.
11. Stärkung der **Innenstädte** und **Ortszentren als lokale Versorgungszentren.**
12. Der anzustrebende Paradigmenwechsel in der Raum- und Verkehrsplanung muss durch intensive **Weiterbildungsmaßnahmen** in den Planungsbehörden integriert werden.
13. **Aufstockung des Personals** in den Planungs- und Genehmigungsbehörden. Durch Umschulungsmaßnahmen kann Personal vom Bereich MIV für die Planung und Umsetzung im Bereich Umweltverbund gewonnen werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Konzepte/Studien/Leitfäden, Planung/Planungsverfahren, Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Personal, Bildung und Qualifizierung

Rechtsrahmen: Raumordnungsgesetz (ROG), Baugesetzbuch (BauGB), Baunutzungsverordnung (BauNVO), landesweiter Raumordnungsplan, Regionalplanung, Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Brandenburgisches Straßengesetz (BbgStrG), Planfeststellungsverfahren

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Kommunen, Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg, Planungsbehörden, Landesamt für Bauen und Verkehr, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Aus- und Weiterbildungseinrichtungen

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: langfristig

Zielgruppen

Landesverwaltung, Kommunen, Planungsbehörden

THG-Minderung

Die angeführten Maßnahmen tragen durch kürzere Wege und eine Bevorzugung des Umweltverbundes zur Vermeidung und Verlagerung von Verkehr bei. In den jeweiligen Maßnahmenpaketen wird auf die spezifischen Einsparpotenziale der einzelnen Verkehrsträger eingegangen.

Nutzen

Direkter Nutzen: Kürzere Wege, bessere Infrastruktur für den Umweltverbund

Indirekter Nutzen: Weniger Flächenversiegelung, bessere Versorgung im ländlichen Raum

Aufwand

Direkter Aufwand: Planungs- und Genehmigungsbehörden beim Land brauchen zusätzliches Personal, um die Prozesse zu beschleunigen. Die Kommunen benötigen zusätzliches Personal (1 VZÄ), um den strukturellen Wandel in den Planungsverfahren zu begleiten. Um den Paradigmenwechsel anzuschieben, braucht es hohe Investitionen in Weiterbildungsprogramme. Aufwände für Infrastruktur sollten durch die vermehrte Nutzung bestehender Infrastruktur im Innenbereich sinken.

Indirekter Aufwand: Kulturwandel durch die Abkehr der Vorrangstellung des MIV und der Abkehr von der Siedlungsrandbebauung, Änderung der Normen zur Straßenraumnutzung zugunsten des Umweltverbundes

4.5.2.3 HF 4-3: Bereitstellung und Ausbau ÖPNV-Angebot und -Infrastruktur

Beschreibung

Ein gut ausgebautes ÖPNV-Netz stellt die Basis für die Verschiebung des Modal Splits hin zum Umweltverbund dar. Der ÖPNV ist, vor allem auf der Schiene, energieeffizient. Auch Busse sind bei entsprechender Besatzdichte energieeffizient und zudem im Vergleich zum MIV sehr platzsparend. Obwohl der Anteil des Umweltverbundes im Zeitraum 2008 – 2017 im Land Brandenburg insgesamt gesunken ist, konnte der ÖV eine Zunahme von 8 auf 11 % verzeichnen (Ermes et al. 2020). Eine Stärkung der ÖPNV-Infrastruktur sollte auch zu einer besseren Verlässlichkeit im Nahverkehr führen. Dies ist ein wichtiger Faktor für Fahrgäste zur Entscheidung für den ÖPNV (acatech 2019).

Ziel der Maßnahme: Mit diesem Maßnahmenpaket soll der Modal Split im ÖPNV und somit der Umweltverbund gestärkt werden (siehe auch [HF 4-4](#)). Dazu muss das ÖPNV-Angebot stark ausgebaut werden: Eine Steigerung der Verkehrsleistung um 67 % bis 2030 sollte angestrebt werden. Verlagerungspotenziale vom MIV auf den ÖPNV, vor allem in Berlin und dem Berliner Umland sowie regionalen Zentren, sollten erschlossen werden. Dazu sollte das Schienennetz und der SPNV so weit ausgebaut sein, dass sie keine Engpässe aufweisen. Auch stark ansteigende Fahrgastzahlen sollten bewältigt werden können. Im ländlichen Raum sollten Busse eine flächendeckende Mobilitätsversorgung und gute Anbindung an den SPNV bieten.²³²

Inhalte der Maßnahme:

1. Die Mittel des Landes zur **Finanzierung** des Ausbaus des ÖPNV müssen steigen.
2. Ob eine Strecke befahren wird, sollte nicht nur nach der (aktuellen) Fahrgastzahl, sondern auch nach Bedeutung der Strecke für die **Erreichbarkeit der Region** sowie dem **Verlagerungspotenzial** von Verkehr entschieden werden.²³³
3. Für die verschiedenen Raumtypen sollte die **Etablierung von Bedienstandards** angestrebt werden (Perner et al. 2021).
4. Busverkehr sollte in der **Verkehrsplanung** und in der Umsetzung der Pläne im **Straßenbau** eine Vorrangstellung vor dem MIV einnehmen (Busspuren, sichere Bushaltestellen, sichere Fußgängerüberwege an Bushaltestellen).
5. Die Ausbildung von **Fachkräften** im ÖPNV muss gestärkt werden.
6. Ausbau des SPNV:
 - a. Das Projekt i2030 bietet eine gute Grundlage für die Ertüchtigung des Schienennetzes, es basiert allerdings auf der Annahme moderater Fahrgastzahlensteigerungen im Landesnahverkehrsplan (LNVP) 2018 (Perner et al. 2021; MIL 2018). Die Fortschreibung des LNVP sieht eine deutliche Erhöhung der Fahrgastzahlen im SPNV vor. Zudem müssen Kostensteigerungen in der Umsetzung von i2030 aufgefangen werden. Das Programm **i2030** sollte zügig umgesetzt und die Planungen für ein **Anschlussprogramm (i2045)** begonnen werden. Dabei kann auf den Masterplan Ausbau Schienenverkehr sowie den Entwurf für den LNVP 2023 – 2027 zum weiteren Ausbau des SPNV zurückgegriffen werden (VBB 2022; BSBB 2021).
 - b. Beschleunigung der **Planungs- und Genehmigungsverfahren** im Schienenausbau.

²³² Zukünftig könnten hier auch autonom fahrende Fahrzeuge eine Rolle spielen.

²³³ Der Bunde hat die Förderbedingungen für den ÖPNV im Rahmen des GVFG im Juli 2022 entsprechend angepasst (BMDV 2022c).

- c. Reaktivierung von **stillgelegten Schienenstrecken** mit hohem Verkehrs- und Verlagerungspotenzial.
 - d. Prüfung **neuer SPNV-Strecken** mit hohem Beitrag zur Mobilitätsversorgung sowie Verlagerungspotenzial im Individualverkehr.
 - e. Vor allem die **Verkehrsachsen im Siedlungsstern und im Berliner Umland** sollten gut ausgebaut werden.
 - f. Der **grenzüberschreitende Verkehr nach Polen** bietet aufgrund seines hohen Anteils an MIV ein großes Potenzial zur Verlagerung auf die Schiene. Das Land sollte die Kommunikation und Koordination mit der polnischen Seite übernehmen, um zu sondieren, wie dieses Potenzial gehoben werden kann.
 - g. Die **Taktung im Schienenverkehr** sollte bedarfsgerecht (Mobilitätsversorgung und Verlagerungspotenzial) erhöht werden.
7. **Ausbau von Busverbindungen:**
- a. Buslinien müssen die **ÖV-Versorgung in den ländlich geprägten Räumen** sowie den **Siedlungsbereichen ohne direkte Schienenanbindung** bereitstellen. Sie müssen eine attraktive Alternative zum MIV darstellen. Das Gutachten zur Überarbeitung der Mobilitätsstrategie des Landes Brandenburg 2030 sowie die Fortschreibung des LNVP bieten hierfür gute Grundlagen zur Planung des Ausbaus der Busverbindungen (Perner et al. 2021; VBB 2022).
 - b. Weiterentwicklung eines **PlusBus-Netzes** zur guten interkommunalen ÖV-Versorgung in Regionen ohne direkte Schienenanbindung und für Querverbindungen zwischen den schienengebundenen Siedlungsachsen.
 - c. Einrichtung und Stärkung von **Rufbussen** mit kleinen Fahrzeugen im ländlichen Raum durch die Kommunen. Das Land sollte zentral Best-Practice Beispiele registrieren und die Kommunen beraten (siehe [HF 4-1](#)). Die Rufbusse sollten durch ein einfaches Tarifsystem, App, Telefonbuchung, Ersatz von Liniensystemen und Werbung gestärkt werden.
 - d. **Aktivierung der Kommunen:** Prüfung von Mechanismen, die Kommunen zum Einsatz ihrer Kapazitäten für den ÖPNV im Rahmen des ÖPNVG aktivieren (nicht alle Kommunen engagieren sich gleich stark im ÖV). Hemmnisse sollten identifiziert und adressiert werden.
 - e. Stärkung der **kommunalen Busangebote** wie sie beispielsweise Perner et al. (2021) mit dem StadtBus-System vorschlagen sowie von **Straßenbahnen** in Oberzentren.
 - f. Förderung von **Pilotprojekten zum autonomen Fahren**. Das Ziel dieser Projekte sollte es sein, eine zeitnah verfügbare, praxistaugliche und kostengünstige Alternative zum personengesteuerten Busbetrieb zu fördern. Das Land sollte die Kommunen und Verkehrsbetriebe bei der Beantragung von Fördermitteln sowie beim **Erfahrungsaustausch** mit bereits durchgeführten Projekten unterstützen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben, Konzepte/Studien/Leitfäden, Information/Beratung/Vernetzung, Planung/Planungsverfahren, Personal, Bildung und Qualifizierung

Rechtsrahmen: Recht zur Förderung des ÖPNV in den Ländern (Regionalisierungsgesetz), Recht zur Förderung der Verkehrsinfrastruktur in den Gemeinden (GVFG), ÖPNV-Gesetz (ÖPNVG BB)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land Brandenburg (Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung), Kommunen, Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg, kommunale Verkehrsbetriebe, weitere kommunale Aufgabenträger

Mitwirkungsbedarf: Bund, private Verkehrsunternehmen, Landesamt für Bauen und Verkehr, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Langfristig. Kurz- bis mittelfristig muss die ÖV-Versorgung geplant werden. Sobald ein adäquates System etabliert ist, muss dieses langfristig finanziert werden. Aufgrund der dynamischen Bevölkerungsentwicklung sowie Innovationen im Mobilitätsbereich ist jedoch auch langfristig mit Planungsaufwand zu rechnen.

Zielgruppen

ÖPNV- und MIV-Nutzende

THG-Minderung

Der Ausbau von Angebot und Infrastruktur im ÖPNV trägt neben [HF 4-4](#), [HF 4-7](#) und [HF 4-11](#) zum THG-Einsparpfad „Verlagerung von MIV zu ÖPNV“ bei. Dieser sieht nahezu eine Verdopplung der Verkehrsleistung des ÖV in Personenkilometer bis 2030 vor. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Einsparpotenzial von etwa 52 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Verlagerung von MIV auf ÖPNV

Indirekter Nutzen: Verbessertes ÖPNV-Angebot, bessere Erreichbarkeit im Land, Verbesserung der Luftqualität, Lärmreduktion, reduzierter Verkehrsflächenbedarf

Aufwand

Direkter Aufwand: Perner et al. gehen in einer groben Rechnung von ca. 100 Mio. € p. a. zusätzlichem Finanzierungsbedarf für den Ausbau des Busangebotes im Land Brandenburg aus (2021). Der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) rechnet für eine Verdoppelung der Anzahl der beförderten Personen im kommunalen ÖPNV mit Mehrkosten von 120 – 140 Mio. € p. a. Der Entwurf für den LNVP 2023 – 2027 geht allein für den SPNV von einem jährlichen Mehrbedarf in dreistelliger Millionenhöhe für den Ausbau des SPNV ab den 2030er Jahren aus und hält eine entsprechende Erhöhung der Regionalisierungsmittel des Bundes für notwendig (VBB 2022).

Indirekter Aufwand: Beschleunigung der Planungsverfahren

4.5.2.4 HF 4-4: Attraktivität des ÖPNV für Fahrgäste steigern

Beschreibung

Die Nutzung des ÖPNV muss für die Fahrgäste attraktiv sein, vor allem in Relation zum MIV. Neben den Ticketpreisen sind die unterschiedlichen Ticketsysteme ein Hemmnis zur Nutzung des ÖPNV. Das 49-Euro-Ticket sowie mögliche Nachfolgeregelungen sollten vom Land unterstützt werden. Mit dem Ausbau von intermodaler Infrastruktur wird die Kombination verschiedener Verkehrsmittel erleichtert. Dies fördert die Nutzung von ÖPNV-Angeboten, indem die Fahrt zur Abfahrts-ÖPNV-Station und der Weg ab der Ziel-ÖPNV-Station durch Park-, Mitnahme-(Zweiräder) und leichte Umsteigemöglichkeiten erleichtert wird. Die Verknüpfung verschiedener Verkehrsmittel ist dabei wichtiger als die Möglichkeit zur Mitnahme. Flexibilität und eine einfache Nutzung sind wichtige Faktoren für Fahrgäste. Weitere wichtige Aspekte für die Attraktivität des ÖPNV sind Sicherheit, Sauberkeit, Komfort, Kundenservice und Barrierefreiheit. Zu diesen und weiteren wichtigen Themen listet der Landesnahverkehrsplan 2023 – 2027 umfangreich Qualitätskriterien auf sowie Qualitätssicherungsmaßnahmen. Demnach sind auch konkrete bauliche Maßnahmen geplant, die beispielsweise die barrierefreie Erreichbarkeit von Stationen verbessern.

Ziel der Maßnahme: Dieses Maßnahmenpaket soll zu einer Steigerung des Modal Splits im ÖPNV beitragen. Damit einhergehen muss ein deutlicher und abgestimmter Ausbau des ÖPNV-Angebots ([HF 4-3](#)).²³⁴

Inhalte der Maßnahme:

1. **Finanzierung:** Die landeseigene Vergabe von Fördermitteln für die Attraktivitätssteigerung des ÖPNV sollte gestärkt werden. Bestehende Förderungen (RiLi ÖPNV Invest, RiLi Mobilität) sollten fortgeführt und ausgeweitet werden.

²³⁴ Dies hat auch die vorübergehende Ausgabe von bundesweit gültigen 9-Euro-Monatstickets auf Veranlassung des Bundes gezeigt. Da diese Aktion zum Zeitpunkt der Maßnahmenerstellung dieses Gutachtens noch nicht beendet ist, liegen noch keine wissenschaftlichen Analysen dazu vor. Medienberichten zufolge war der Andrang auf die Tickets sehr groß, führte aber auch zu Verdruss wegen überfüllter Verkehrsmittel, da die Leistungsfähigkeit des ÖV für diese Aktion nicht ausreichend erweitert wurde.

2. **Kosten für Fahrgäste:** Der Entwurf zum Landesnahverkehrsplan 2023 – 2027 (VBB 2022) sieht eine an die Inflation angepasste Kostensteigerung vor. Es sollten alternative Finanzierungsinstrumente wie der Mobilitätspass geprüft werden.²³⁵ Der ÖPNV sollte für Nutzende finanziell attraktiv sein. Grundsätzlich sollte bei der Preisgestaltung neben der Attraktivität und der Kostendeckung des Angebotes auch das damit erreichbare Verlagerungspotenzial von Verkehren des MIV auf den ÖPNV berücksichtigt werden.
3. Die Aktivitäten des VBB zur **organisatorischen und operativen Integration für ein Brandenburg-weit einheitliches Angebot** sollten gestärkt werden (Perner et al. 2021). Diese sollte die dafür erforderlichen Abstimmungen in folgenden Bereichen unterstützen (siehe auch [HF 4-1](#)):
 - a. **Integriertes Informations- und Buchungssystem:** Ausweitung der digitalen Buchungs- und Informationsplattformen und Integration der verschiedenen Verkehrsmittel (Bahn, Bus, Carsharing, Ridesharing, (E-)Zweiräder) (z. B. [bbnavi](#)²³⁶)
 - b. **Integriertes Bezahlungssystem:** Etablierung von verkehrsträgerübergreifenden und digitalen Bezahlungssystemen (einmal Bezahlen bei der Nutzung verschiedener Verkehrsmittel und Abstellanlagen bzw. Parkplätzen)
 - c. **Abstimmung der Abfahrts- und Ankunftszeiten:** Die Taktzeiten sollten hierarchisch aufeinander abgestimmt werden. Züge genießen die höchste Priorität, gefolgt von Plus-Bus Linien und den kommunalen Buslinien. Auch die verschiedenen kommunalen Busfahrpläne bedürfen einer Abstimmung. Die Anstrengungen des VBB in diesem Bereich sollten gestärkt werden.
4. **Intermodale Infrastruktur:** Ausbau von intermodaler Infrastruktur zur Verknüpfung verschiedener Verkehrsträger durch den Bau von Radabstellanlagen (Bike+Ride), Sharing-Stationen (Car-, Ride-Sharing und (E-)Zweirad) und Pendlerparkplätzen (Park+Ride) an Bahnhöfen und wichtigen Bushaltestellen. Der Ausbau von intermodaler Infrastruktur für Verkehrsmittel des Umweltverbundes sowie Sharingsystemen sollte dabei Priorität haben. An Mobilitätsdrehtpunkten können zudem Einrichtungen der Nah- und Grundversorgung etabliert werden. Im ländlichen Raum sind stationsgebundene E-Leihradssysteme an wichtigen Bushaltestellen und Bahnhöfen besonders wichtig, um eine Alternative zum MIV zu bieten. Der Ausbau von intermodalen Mobilitätsdrehtpunkten sollte durch die Fortführung und Erweiterung des Ausbauprogramms B+R/P+R gefördert werden. Das Land sollte auf Kommunen mit hohem Bedarf zugehen, bei denen noch keine Planungsabsichten bekannt sind (Wilhelm et al. 2020). Kommunen sollten ihre bestehenden Möglichkeiten aus dem Gesetz zur Bevorrechtigung des Carsharings zur Einrichtung von Sharing-Parkplätzen an Mobilitätsdrehtpunkten nutzen (CsgG 2017). Beim Ausbau der intermodalen Infrastruktur sollte auf Erfahrungen aus bisherigen Projekten zurückgegriffen werden, um Fehlinvestitionen zu vermeiden. Um die Nutzung der Infrastruktur zu stärken, sind zudem sog. „Push“-Maßnahmen im MIV nötig.
5. **Mitnahmemöglichkeit:** Bereitstellung von bedarfsgerechten Kapazitäten für die Mitnahme von **Zweirädern, Kinderwagen, Rollstühlen und Gepäck** im ÖPNV durch entsprechende Fahrzeuge mit Mehrzweckbereichen.
6. Gewährleistung von **Sicherheit und Sauberkeit** im ÖPNV.
7. Ausbau der **Barrierefreiheit** an Bahnhöfen.
8. **Zuverlässigkeit:** In Zusammenhang mit dem Ausbau des ÖPNV-Angebots und der Infrastruktur (HF 4-3) sollte auch die Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit des ÖPNV gesteigert werden. Definierte Zielwerte sollten erreicht werden. Ein regelmäßiges Monitoring sowie Transparenz sind sicherzustellen.
9. Steigerung des **Komforts** (z. B. über WLAN in den Fahrzeugen).

²³⁵ Der Mobilitätspass beinhaltet eine verpflichtende kommunale Gebühr zur Finanzierung eines stark ausgebauten ÖPNV (Stm Bwl 2022).

²³⁶ Siehe <https://bbnavi.de/> [29.06.2022].

10. **Kundenservice:** Förderung eines ausreichenden Kundenservice. Gerade die ältere Bevölkerung auf dem Land braucht Unterstützung, die über digitale Plattformen hinausgeht.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Information/Beratung/Vernetzung, Konzepte/Studien/Leitfäden

Rechtsrahmen: Recht zur Förderung des ÖPNV in den Ländern (Regionalisierungsgesetz), Recht zur Förderung der Verkehrsinfrastruktur in den Gemeinden (GVFG), ÖPNV-Gesetz (ÖPNVG BB), Gesetz zur Bevorrechtigung des Carsharing (CsgG)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land Brandenburg (Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung), Kommunen, kommunale Aufgabenträger

Mitwirkungsbedarf: Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg (VBB), kommunale Verkehrsunternehmen, private Verkehrsunternehmen und Mobilitätsdienstleister, Landesamt für Bauen und Verkehr, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: langfristig

Zielgruppen

ÖPNV und MIV Nutzende

THG-Minderung

Die Steigerung der Attraktivität im ÖPNV trägt neben HF 4-3, HF 4-7 und HF 4-11 zum THG-Einsparpfad „Verlagerung von MIV zu ÖPNV“ bei. Dieser sieht nahezu eine Verdopplung der Verkehrsleistung des ÖV in Personenkilometer bis 2030 vor. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Einsparpotenzial von etwa 52 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Verlagerung von Verkehr vom MIV auf den ÖPNV

Indirekter Nutzen: Attraktiver ÖPNV, Lärmreduktion, Verbesserung der Luftqualität, reduzierter Verkehrsflächenbedarf

Aufwand

Direkter Aufwand: Die Betriebskosten des ÖPNV werden derzeit zu ca. 50 % durch Ticketerlöse und zu ca. 50 % durch öffentliche Mittel gedeckt. Wenn die Ticket-Preise mindestens stabil gehalten werden sollen und keine alternativen Finanzierungsinstrumente geschaffen werden, ist mit einem substanziellen Mehraufwand für die öffentliche Hand zu rechnen. Für die Arbeit der Mobilitätskoordinatorin kann mit 1 VZÄ gerechnet werden. Wilhelm et al. gehen von ca. 11 Mio. € Mehraufwand für die Einrichtung von Bike+Ride und Park+Ride Stellplätzen aus (Wilhelm et al. 2020). Weitere Mittel müssen für die Erhöhung der Sicherheit, Sauberkeit und für den Kundenservice bereitgestellt werden.

Indirekter Aufwand: Koordinierung unter den verschiedenen Verkehrsgesellschaften und Mobilitätsdienstleistenden

4.5.2.5 HF 4-5: Antriebswende bei Bus und Bahn

Beschreibung

Um das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, müssen Bus und Bahn schrittweise auf emissionsfreie Antriebe umgestellt werden (Wünsch et al. 2021). Aufgrund der höheren Energieeffizienz und der höheren Dringlichkeit zum Einsatz von Wasserstoff in anderen Handlungsfeldern, sollte die Elektrifizierung des Bus- und Bahnverkehrs über Oberleitungen bzw. Batterielösungen erste Priorität haben. Dies schließt begründete Ausnahmen nicht aus: Brennstoffzellenantriebe können bei Bus und Bahn von Vorteil sein, wenn die Versorgung über eine lokale Erzeugungsanlage sichergestellt ist, die Routenführung von Bussen eine hohe Reichweite erfordert oder Bahnstrecken nicht sinnvoll mit einem Oberleitungsnetz ausgestattet werden können (hier sollten allerdings auch Batterielösungen geprüft werden) (BMVI 2021a).

Ziel der Maßnahme: Die Umstellung auf alternative Antriebe sollte entsprechend der Planungen im LNVP 2023 – 2027 vorangetrieben werden. Demnach ist bis 2037 eine weitgehende Umstellung vorgesehen. Auch die Busflotten müssen umgestellt werden. Die Umstellung der kommunalen Busflotten wird über die Clean Vehicle Directive (CVD) gesteuert. Die nötige Ladeinfrastruktur (LIS) und Wasserstofftankstellen müssen zeitgleich mit geplant und aufgebaut werden, um die neuen Flotten zu versorgen. Hierbei sollten auch die Mitnutzung von Lade- bzw. Tankinfrastruktur durch andere Verkehrsmittel ([HF 4-8](#), [HF 4-12](#)) geprüft werden.

Inhalte der Maßnahme:

1. **Klimaneutraler Betrieb des Schienennetzes:** Die Elektrifizierung der Streckenabschnitte muss vorangetrieben werden.²³⁷ Durch Machbarkeitsstudien ist zu prüfen, welche alternativen Antriebskonzepte den klimaneutralen Betrieb des Schienennetzes ermöglichen und wirtschaftlich sinnvoll sind. Für die Streckenelektrifizierung im Schienennahverkehr kann das Land Brandenburg Förderungen nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz beim Bund anmelden. Zur Elektrifizierung von Streckenabschnitten im überregionalen Personenfernverkehrs sollten proaktiv Vorplanungen durchgeführt werden. Für die Vorplanungen kann das Land in Vorleistung treten (siehe z. B. Marschbahn-Strecke Hamburg – Westerland). Zur Finanzierung alternativer Antriebstechnologien im Schienenverkehr sollte das Land die entsprechenden Bundesmittel beantragen (BMVI 2021b; BMVI 2021c). Nicht sinnvoll elektrifizierbare Strecken können mit Batterie- und Wasserstofflösungen betrieben werden.²³⁸ Es ist zu prüfen, ob die alternativen Antriebe in den Vergabeverfahren bei der Ausschreibung von SPNV-Leistungen bevorzugt werden können.
2. **Umstellung der Busflotte auf alternative Antriebe:** Die CVD muss bei den kommunalen Verkehrsbetrieben umgesetzt werden. Demnach müssen im Zeitraum 2022 bis 2025 45 % der neu beschafften Busse emissionsarm sein. Davon muss die Hälfte emissionsfrei sein. Im Zeitraum 2026 bis 2030 muss der Anteil auf 65 % steigen (SaubFahrzeugBeschG 2021). Das Land muss die kommunalen Aufgabenträger und Verkehrsbetriebe bei der Beantragung von Bundesmitteln unterstützen (siehe auch [HF 4-1](#)). Auch kleinere und mittlere Verkehrsunternehmen sollten von Bundesmitteln profitieren. Zudem ist eine Ergänzung durch Landesmittel erforderlich, um den Investitionsbedarf zu decken, sollte der Bund sein finanzielles Engagement nicht deutlich erhöhen.
3. **Wasserstofftankstellen:** Bei Wasserstofftankstellen hat die vorrausschauende Planung und Identifikation von Synergiemöglichkeiten eine herausragende Bedeutung. Da Brennstoffzellenbusse vorrangig bei einer lokalen Wasserstoffproduktion empfehlenswert sind, werden sich für den Fall einer Anschaffung wahrscheinlich auch andere lokale Akteure mit Wasserstoff als Antriebsalternative beschäftigen. Hier sollte das Land als Kommunikator auftreten und die Akteure miteinander vernetzen, damit gemeinsam Infrastruktur zur Vertankung von

²³⁷ Die Elektrifizierung kann durch Oberleitungen oder sogenannte Oberleitungsinselanlagen (OLIA) durchgeführt werden.

²³⁸ Die Heidekrautbahn wird mit Wasserstoff betrieben (Siemens und NEB 2022).

Wasserstoff geplant und genutzt werden kann. Dies kann etwa in der Nähe von Wasserstoff-Hubs sein.²³⁹ Gleiches gilt für die Versorgung von Zügen mit Wasserstoff. Bei der Planung sollten auch intermodale Wasserstofftankstellen (Bus, Zug und Wasser) berücksichtigt werden.

4. LIS für Busse:

- a. **Depotladen und Zwischenladen:** E-Busse können als Depotlader (Nachladung im Depot) oder mit Zwischenladestationen (auf der Strecke) betrieben werden. Die Zwischenladestationen müssen im öffentlichen Straßenraum, etwa an Endhaltestellen installiert werden. Es sollte geprüft werden, ob beim Aufbau von Ladestationen Synergien mit anderen Betrieben entstehen können (z. B. gemeinsame Nutzung von Netzanschlüssen).
- b. **Routenplanung:** Derzeit liegt die Reichweite von zum Verkauf stehenden E-Bussen bei rund 250 Kilometer. Allerdings sind größere Steigerungen der Reichweite aufgrund von Fortschritten bei der Batterietechnologie zu erwarten. Trotzdem entsteht durch die geringere Reichweite ein Fahrzeugmehrbedarf, welcher vom Land bei entsprechenden Förderlücken unterstützt werden sollte.
- c. **Netzintegration:** Der Ausbau der Ladestationen muss in enger Abstimmung und vorausschauender Planung zusammen mit den Netzbetreibern erfolgen. Das Land sollte über Pilotprojekte innovative Ladekonzepte zum Netzausgleich fördern.
- d. **Betriebshofumstellung:** Beim Einsatz von Bussen mit alternativen Antrieben müssen entscheidende Anpassungen an den Betriebshöfen berücksichtigt werden. Sowohl technisch und baulich als auch personell gibt es Umstellungsbedarf. Schulungen und Informationsmaterialien können vom Land aufbereitet und zur Verfügung gestellt werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Information/Beratung/Vernetzung, Entwicklung/Pilotvorhaben, Konzepte/Studien/Leitfäden

Rechtsrahmen: Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz (SaubFahrzeugBeschG)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land Brandenburg (Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie), Kommunen, Verkehrsbetriebe

Mitwirkungsbedarf: Bund, DB Netz AG, Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg, Netzbetreiber, Wasserstoffproduzenten, Landesamt für Bauen und Verkehr, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Die Maßnahmen zum Ausbau der Lade- und Tankinfrastruktur für alternative Antriebe werden vor allem kurz bis mittelfristig nötig sein. Sobald ein Großteil der Fahrzeugflotte auf emissionsfreie Antriebe umgestellt ist und ein adäquates Netz zur Versorgung zur Verfügung steht, muss der weitere Ausbau nicht weiter gefördert werden.

Zielgruppen

Kommunen, Kommunale Verkehrsbetriebe, DB, Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg, Wasserstoffwirtschaft

THG-Minderung

Das Maßnahmenpaket adressiert zusammen mit [HF 4-12](#) den THG-Einsparpfad „Antriebswende im ÖPNV“ bei. Dieser sieht vor, dass bis 2030 etwa 31 % der Strecken im öffentlichen Straßenverkehr und 81 % der Strecken im öffentlichen Schienenverkehr (ohne S-Bahnen und Straßenbahnen) elektrisch zurückgelegt werden. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Minderungspotenzial gegenüber 2020 von etwa 83 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Antriebswende bei Bus und Bahn

²³⁹ Vgl. die Wasserstoffstrategie des Landes Brandenburg (MWAE 2021a).

Indirekter Nutzen: Lärmschutz, Steigerung der Luftqualität, kosteneffizienterer Betrieb von einigen Bahnstrecken, Nutzung regionaler Energiequellen

Aufwand

Direkter Aufwand: Antriebe Bus: Zur Anschaffung von Bussen mit alternativen Antrieben im Rahmen der Umsetzung der CVD rechnet der VDV mit Mehrkosten von ca. 5 – 8 Mio. € p. a. Elektrifizierung Schiene: Das Pfalznetz soll auf 240 Kilometer Streckennetz auf Akkubetrieb umgestellt werden. Die Bahn rechnet mit 51 Mio. € Kosten.²⁴⁰ Für die Elektrifizierung mit Oberleitungen kann mit Gesamtkosten in Höhe von 2 – 3 Mio. € pro Streckenkilometern gerechnet werden. LIS: Die Investitionskosten für einen Ladepunkt variieren stark nach der Ladegeschwindigkeit (ca. 4.000 € für reguläres Laden mit 11 kW AC, ca. 25.000 € für Schnellladen mit 50 kW DC und ca. 100.000 € für Hochleistungsladen mit 150 kW DC). Die jährlichen Betriebskosten variieren von ca. 500 bis 2000 €. Weitere Kosten fallen für den Netzausbau an.

Wasserstofftankstelle: Für Wasserstofftankstelle kann mit Investitionskosten von 2 – 3 Mio. € pro Tankstelle gerechnet werden (Nauhauser et al. 2020).

Indirekter Aufwand: Kommunikation und Vernetzung

4.5.2.6 HF 4-6: Reduktion von Fahrten im MIV

Beschreibung

Neben der Verlagerung von Fahrten auf den Umweltverbund sollte auch die Notwendigkeit von Fahrten grundsätzlich reduziert werden. Das Pendeln zur Arbeit, zur Ausbildungsstätte sowie dienstliche Fahrten umfassen in Brandenburg 38 % aller Wege. Die Fahrten werden zu 56 % im MIV zurückgelegt (Ermes et al. 2020). Voraussetzung hierfür ist der flächendeckende Ausbau von Breitbandverbindungen sowie des Mobilfunknetzes.

Ziel der Maßnahme: Im öffentlichen Sektor sowie der Privatwirtschaft sollte bei entsprechenden Voraussetzungen flächendeckend die Möglichkeit zum Mobilem Arbeiten²⁴¹ gegeben sein. Damit kann ein bedeutender Teil des Pendelverkehrs sowie der dienstlichen Fahrten vermieden werden. Dabei kann auf bereits während der Corona-Pandemie umgesetzten Strukturen aufgebaut werden. Co-Working-Spaces können einen wichtigen Beitrag zur Akzeptanz leisten. Nicht alle Angestellten können von zuhause aus arbeiten. Zentral gelegene Co-Working-Spaces können den Arbeitsweg daher verkürzen. Ziel der Verbreitung von Mobilem Arbeiten sollte auch die vermehrte Nutzung digitaler Kommunikationsmittel sein. Dadurch sollten weitere Dienstreisen vermieden werden, indem zum Beispiel dienstliche Treffen über digitale Kommunikationsplattformen durchgeführt werden. Ein weiteres Ziel ist die Entzerrung der Verkehre im ÖPNV sowie im Straßenverkehr. Die zeitlich begrenzte, hohe Auslastung des ÖPNV sowie des Straßennetzes zu den Stoßzeiten am Beginn und Ende des Arbeitstages wird durch die Arbeit zuhause oder im Co-Working-Space reduziert. Zudem kann die Maßnahme den ländlichen Raum stärken. Um weitere Fahrten zu vermeiden, sollten zudem Maßnahmen zur Erhöhung des Besetzungsgrades in Pkw unterstützt werden. Ziel sollte eine deutliche Erhöhung des derzeitigen Besetzungsgrades von derzeit ca. 1,47 Personen pro Pkw sein.

²⁴⁰ Siehe <https://www.akkuzug-pfalznetz.de/> [02.07.2022].

²⁴¹ Mobiles Arbeiten meint die Möglichkeit für Arbeitnehmende ihre Arbeit von einem von ihnen gewählten Arbeitsort zu erledigen, der nicht notwendigerweise eine Arbeitsstelle des Arbeitgebenden sein muss (sofern die Art der Arbeit dies zulässt).

Inhalte der Maßnahme:

1. **Mobiles Arbeiten im öffentlichen Dienst:** Das Land erstellt einen Leitfaden zu Mobilem Arbeiten im öffentlichen Dienst. Die Möglichkeit zum regelmäßigen Mobilem Arbeiten sollte die Regel darstellen. Die entsprechenden gesetzlichen Rahmbedingungen (z. B. Arbeitsschutz, Arbeitsstättenverordnung) sollten geprüft und falls nötig entsprechende Vorschläge für Gesetzesänderungen ausgearbeitet werden. Ziel sollte eine Regelung sein, die unter Berücksichtigung der Interessen von Arbeitnehmenden und -gebenden einen Rahmen für eine flächendeckende Nutzung von Mobilem Arbeiten gewährleistet.
2. **Mobiles Arbeiten in der Wirtschaft:** Das Land setzt ein Förderprogramm zur Stärkung von Mobilem Arbeiten in der Wirtschaft auf. Unternehmen sollten bei der Umsetzung beraten und finanziell unterstützt werden. Das Zukunftszentrum Brandenburg kann das Programm umsetzen. Die Industrie- und Handelskammern sollten in das Programm mit einbezogen werden.
3. **Co-Working-Spaces:** Etablierung von Co-Working-Spaces in lokalen Zentren in der Nähe bestehender ÖPNV- und Nahmobilitäts-Anbindungen (z. B. in derzeit ungenutzten Bahnhofsgebäuden). Die Räume können von öffentlichen Arbeitgebern, den Kommunen oder privat betrieben werden (siehe z. B. BLOK O (Landesregierung Brandenburg 2022b)).
4. **Digitale Kommunikationsmittel:** Digitale Kommunikationsmittel sollten in Betrieben auf freiwilliger Basis als alternative zu Dienstreisen eingesetzt werden können. Das Land kann dies über einen Leitfaden sowie die Schaffung der technischen Möglichkeiten in den Betrieben des Landes sowie den Kommunen unterstützen. In der Wirtschaft kann die Nutzung über das Zukunftszentrum Brandenburg sowie die Industrie- und Handelskammern unterstützt werden.
5. **Erhöhung des Besetzungsgrades:** Die Erhöhung des Besetzungsgrades im MIV muss motiviert werden. Dies kann über eine flächendeckende Nutzung digitaler Plattformen (z. B. Pampa-App²⁴² oder das LANUV-Pendlerportal²⁴³) geschehen. Die Nutzung sollte in den öffentlichen und privaten Unternehmen angestoßen werden. Über ein betriebliches Mobilitätsmanagement sollten zudem betriebsinterne Lösungen für den Pendelverkehr unterstützt werden. Öffentlichkeitsarbeit kann die Erhöhung des Besetzungsgrades im privaten Bereiche fördern. Mitfahrbänke können als Treffpunkt für Mitfahrende installiert werden, attraktive Parkplätze können exklusiv für Pkw mit mehr als einer Person ausgewiesen werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Konzepte/Studien/Leitfäden, Information/Beratung/Vernetzung, Rechtssetzung

Rechtsrahmen: Die gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Arbeitsstättenverordnung und zum Arbeitsschutz sollten angepasst werden.

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (Staatskanzlei, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie, Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz), Kommunen, Zukunftszentrum Brandenburg

Mitwirkungsbedarf: Unternehmen, Industrie- und Handelskammern, Wirtschaftsförderung Berlin-Brandenburg, Brandenburgischer Landesbetrieb für Liegenschaften und Bauen, Gewerkschaften, Initiative Offensive Mittelstand

Fristigkeit

Einführung: innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Langfristig. Sobald die genannten Infrastrukturen aufgebaut sind, kann der Bedarf zum Eingriff von Seiten der Politik möglicherweise mit der Zeit abnehmen.

Zielgruppen

Öffentliche und private Betriebe, Arbeitnehmende, Pendelnde, Autofahrende

²⁴² Siehe <https://www.pampa-mitfahren.de/> [29.06.2022].

²⁴³ Siehe <https://www.lanuv.nrw.de/nachhaltigeverwaltungderzukunft/pendlerportal> [02.08.2022].

THG-Minderung

Das Maßnahmenpaket trägt neben [HF 4-7](#) und [HF 4-11](#) zum THG-Einsparpfad „Vermeidung MIV“ bei. Dieser sieht vor, dass bis 2030 etwa 2,5 % der Personenkilometer im MIV vermieden werden und der Besetzungsgrad leicht auf 1,5 ansteigt. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 95 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Vermeidung von MIV

Indirekter Nutzen: Steigerung der Attraktivität von öffentlichen Arbeitgebenden, Zeitersparnis, Entlastung des ÖPNV

Aufwand

Direkter Aufwand: Für mobiles Arbeiten kurzfristig Investitionskosten, langfristig durch Einsparungen bei den Bürokosten mindestens kostenneutral (Hammermann und Voigtländer 2020). Zur Erstellung des Leitfadens zum Mobilien Arbeiten im Öffentlichen Dienst sowie der Nutzung digitaler Kommunikationsmittel fallen weitere Kosten an. Zur Einführung von Co-Working-Spaces und digitalen Kommunikationsmitteln ist mit geringen Kosten zur Beratung und Förderung zu rechnen.

Indirekter Aufwand: Kulturwandel in Unternehmen und Behörden, mobilitätsbezogene Verhaltensänderungen (Alltagshandeln) von Privatpersonen

4.5.2.7 HF 4-7: Nutzung des öffentlichen Raumes

Beschreibung

Von der Siedlungs- und Verkehrsfläche im Land Brandenburg werden ca. ein Drittel vom Verkehr beansprucht. Der motorisierte Individualverkehr (MIV) weist einen besonders hohen Flächenbedarf auf und beansprucht in Relation zu seiner erbrachten Verkehrsleistung unverhältnismäßig viel öffentlichen Raum (VCÖ 2016). Die großzügige Zuteilung von Flächen für den MIV trägt zum großen Anteil des MIV im Verkehrssystem bei. Für den MIV verplante Fläche wird versiegelt und steht anderen Nutzungsformen nicht mehr zur Verfügung.

Ziel der Maßnahme: Der exklusiv dem MIV zugewiesene, öffentliche Straßenraum sollte deutlich zugunsten des Umweltverbundes reduziert werden. Ziel ist eine Vermeidung und Verlagerung von MIV sowie eine Erhöhung des Anteils des Umweltverbundes am Modal Split.

Ein weiteres Ziel ist die Attraktivitätssteigerung des öffentlichen Raumes. Durch die Umgestaltung von Parkplatzflächen wird der Straßenraum für andere Nutzungsformen (z. B. öffentliche naturnahe Flächen) verfügbar gemacht. Da der Umweltverbund weniger Fläche benötigt, muss durch eine auf den Umweltverbund ausgelegte verkehrliche Flächennutzung insgesamt weniger Fläche versiegelt werden. Somit können weitere positive Effekte erzielt werden, die auch der Klimawandelanpassung dienen.

Inhalte der Maßnahme:

1. **Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung:** Das Land erarbeitet Ziele und Unterstützungsmaßnahmen (etwa über kommunales Mobilitätsmanagement, vgl. [HF 4-1](#)) zur flächendeckenden Nutzung der kommunalen Handlungsspielräume in der Parkraumbewirtschaftung und der Umwidmung von Parkraum (Hertel und Sedlak 2019).
2. **Gebündelte Parkflächen:** Entlastung des öffentlichen Raums vom Parkdruck des MIV durch zentrale, gebündelte Parkmöglichkeiten (Parkhäuser, Tiefgaragen), Förderung von Pilotprojekten wie z. B. Stadtteilparkhäusern (Blanck et al. 2021). An Parkhäusern kann konzentriert die öffentliche Versorgung mit LIS sichergestellt werden. Zudem können die Parkhäuser zu Mobilitätshubs erweitert werden, in denen die Feinverteilung des Personenverkehrs durch stationsbasierte Sharing-Angebote ((E-)Zweiräder) erfolgt.
3. **Klimafreundliche Stellplätze:** Das Land erarbeitet eine klimafreundliche Musterstellplatzsatzung. Damit sollen verstärkt kommunale Gestaltungsspielräume für die Begrenzung von Stellplätzen für den MIV und qualitative Anforderungen für klimafreundliche Alternativen aufgezeigt werden.

4. **Nahmobilitätsfreundliche Siedlungsstruktur:** Eine klimafreundliche Siedlungsstruktur kann über eine landesweite Zielstellung gestärkt werden. Die Umsetzung muss in der kommunalen Bauleitplanung erfolgen. Mit Pilotprojekten können Quartiere (auch in Kleinstädten) mit wenig Autoverkehr erfahrbar gemacht werden. Das Zielbild sind autofreie Innenstädte.
5. **Logistik:** Logistikflächen in Siedlungsgebieten (Güterbahnhöfe, Häfen, Verladeeinrichtungen) sind für den Gütertransport auf Bahn und Schiff dauerhaft zu erhalten.
6. **Ausweitung verkehrsberuhigter Zonen:** Die verstärkte Ausweisung verkehrsberuhigter Zonen (z. B. Tempo 30, Spielstraßen) erfolgt durch die Kommunen, indem diese die auch in Zukunft erweiterten Handlungsspielräume in der StVO nutzen (Verkehrsberuhigung in der Nähe bestimmter Gebäude, Immissionsschutz, Verkehrssicherheit). Das Land unterstützt Initiativen zur Anpassung des Straßenverkehrsrechts durch den Bund zur Ausweitung der kommunalen Kompetenzen für mehr Tempo 30-Zonen.
7. **Pkw-Gebühr:** Prüfung zur Schaffung der Rahmenbedingungen für die Einführung einer Pkw-Gebühr zur Straßennutzung in Ortskernen durch die Kommunen (Straßennutzung ist bisher gebührenfrei im Gegensatz zur Schienennutzung). Um den Kommunen die Möglichkeit zur Erhebung von Straßennutzungsgebühren durch das Satzungsrecht zu geben, muss eine entsprechende Landesnorm erlassen werden (Deutscher Bundestag 2013).
8. **Carsharing:** Die Förderung von Carsharing durch privilegierte Stellplätze an Bundesstraßen sowie der Erlass von Parkgebühren im öffentlichen Raum ist durch das Carsharinggesetz sowie die Novellierung der StVO vom 25.06.2021 rechtlich abgesichert. Das Land sollte eine Zielvorgabe zur flächendeckenden Umsetzung in den Kommunen erstellen. An Orten, wo die Eigenwirtschaftlichkeit von Carsharing nicht gegeben ist, sollte das Land bzw. der VBB als ÖPNV-Aufgabenträger gemäß dem Bestellerprinzip tätig werden (Nobis 2019).²⁴⁴
9. **Begrenzung der Fahrzeuggrößen:** Aufgrund des Energie- und Flächenverbrauchs sind Maßnahmen zur Begrenzung der Fahrzeuggrößen zu prüfen. Der Bund sollte zur Einführung einer bundesweiten Beschränkung der Größe von Pkw aufgefordert werden.
10. **Kommunikation:** Die Maßnahmen sollten umfangreich und mit einem positiven Narrativ kommuniziert werden (siehe [HF 4-1](#)).

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben, Konzepte/Studien/Leitfäden, Nutzung rechtlicher Handlungsspielräume, Rechtssetzung, Bundesinitiative

Rechtsrahmen: Stellplatzsatzung, Bauleitplanung, Straßenverkehrsgesetz/StVO, Landesnorm Pkw-Gebühr, Carsharinggesetz (CsgG)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung), Kommunen

Mitwirkungsbedarf: Unternehmen (im Bereich Car- und Ridesharing), Wirtschaftsförderung Berlin-Brandenburg, Landesamt für Bauen und Verkehr, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg

Fristigkeit

Umsetzung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Langfristig

Zielgruppen

Nutzende des Umweltverbundes und des MIV

THG-Minderung

Das Maßnahmenpaket trägt neben [HF 4-6](#) und [HF 4-11](#) zum THG-Einsparpfad „Vermeidung MIV“ bei. Dieser sieht vor, dass bis 2030 etwa 2,5 % der Personenkilometer im MIV vermieden werden und der Besetzungsgrad leicht auf 1,5 ansteigt. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 95 Mio. kg CO_{2e}.

²⁴⁴ Der Verfügbarkeit von Carsharing-Angeboten kommt bei der Mobilitätswende eine große Bedeutung zu. Die Möglichkeit bei Bedarf auf ein Sharing-Fahrzeug zurückgreifen zu können, ermöglicht es vielen Menschen erst, den eigenen Pkw abzuschaffen. Der eigene Pkw-Besitz ist einer der Hauptgründe, warum sich Personen für das Auto als Verkehrsmittel entscheiden. Damit Carsharing eine positive Umwelt- und Klimawirkung hat, kommt es sehr auf die Ausgestaltung (z. B. stationsbasiert oder free-floating) und die Einbettung in Begleitende Maßnahmen (z. B. attraktiver ÖPNV) an (Giesel und Nobis 2016; Jain et al. 2022).

Die angeführten Maßnahmen tragen außerdem zusammen mit [HF 4-3](#), [HF 4-4](#) und [HF 4-11](#) zum THG-Einsparpfad „Verlagerung von MIV zu ÖPNV“ bei. Dieser sieht nahezu eine Verdopplung der Verkehrsleistung des ÖV in Personenkilometer bis 2030 vor. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Einsparpotenzial von etwa 52 Mio. kg CO_{2e}.

Das Maßnahmenpaket trägt darüber hinaus zusammen mit [HF 4-9](#) und [HF 4-11](#) zum THG-Einsparpfad „Verlagerung von MIV zu Nahmobilität“ bei. Hier ist ein Anstieg des Anteils des Fuß- und Radverkehrs auf etwa 8 % der Personenkilometer bis 2030 vorgesehen. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 63 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Erhöhung des Modal Split im Umweltverbund

Indirekter Nutzen: Immissionsschutz, Verringerung der Flächenversiegelung, Erhöhung der Verkehrssicherheit, Erhöhung der Attraktivität des öffentlichen Raumes

Aufwand

Direkter Aufwand: Für die Kommunen ergibt sich ein erhöhter Personalbedarf zur Planung der aufgeführten Maßnahmen. Zudem besteht ein erhöhter Investitionsbedarf zur Umsetzung der verkehrlichen Raumkonzepte. Die Kommunikation der Maßnahmen sollte hohe Priorität besitzen und entsprechend finanziell ausgestattet werden. Einnahmepotenziale ergeben sich durch die Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung und die Einführung der Pkw-Gebühr. Insgesamt wahrscheinlich kostenneutral.

Indirekter Aufwand: Kulturwandel in Unternehmen und Behörden, mobilitätsbezogene Verhaltensänderungen (Alltagshandeln) von Privatpersonen, Kommunikation

4.5.2.8 HF 4-8: Unterstützung der Antriebswende im MIV

Beschreibung

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) muss in Brandenburg auch in Zukunft eine wichtige Rolle einnehmen. Aufgrund des ländlichen Charakters und der dezentralen Siedlungsstruktur großer Teile des Landes können nicht alle Regionen mit einem dichten ÖPNV-Netz abgedeckt werden. Wegen der zum Teil weiten Entfernungen im Flächenland Brandenburg wird das Auto eine wichtige Alternative zum (E-)Zweirad- und Fußverkehr darstellen. Daher müssen die Anteile des MIV, die nicht vermieden und verlagert werden können, durch die schrittweise Einführung von alternativen Antrieben klimaneutral werden. Im MIV zeichnet sich bei den alternativen Antrieben ein deutlicher Trend zu batterieelektrischen Pkw (BEV) ab.

Ziel der Maßnahme: Um Klimaneutralität zu erreichen, sollte der Anteil der BEV am Gesamtbestand in Brandenburg bis 2030 deutlich ansteigen: BEV auf 19 % und PHEV (Plug-in-Hybrid) auf 10 %. Für 2045 liegen die Zielwerte bei 91 % für BEV und 5 % für PHEV (Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“). Der Restbestand an Pkw mit Verbrennungsmotoren sollte mit strombasierten, synthetischen Kraftstoffen oder Wasserstoff betrieben werden. Die EU hat im Oktober 2022 beschlossen, dass der Verkauf von Neuwagen mit Verbrennungsmotor ab 2035 eingestellt wird. Hinzu kommen weitere EU-Regelungen und Maßnahmen des Bundes wie etwa die schrittweise sinkenden Flottengrenzwerten für den CO₂-Ausstoß für Fahrzeughersteller oder die ab 2023 angepasste Förderung des Bundes beim Kauf von (lokal) emissionsfreien Fahrzeugen (Umweltbonus). Diese sollen für ausreichend Anreize sorgen emissionsfreie Fahrzeuge herzustellen und zu kaufen. Eine gut ausgebaute Ladeinfrastruktur (LIS) ist jedoch unerlässlich für die energetische Versorgung des elektrischen MIV. Auf der anderen Seite kann eine flächendeckende LIS erst durch die Nutzenden finanziert werden, wenn der E-Pkw-Hochlauf weit fortgeschritten ist. Daher muss die öffentliche Hand Starthilfe im Aufbau der LIS leisten. Ziel ist es, eine LIS zu etablieren, die Nachfrage fördert und nicht nachträglich den Bedarfen angepasst wird (Sommer und Vance 2021). Dazu sollte die Landesregierung eine flächendeckende Erreichbarkeit von öffentlicher bzw. halb-öffentlicher (öffentlich zugänglich auf privatem Grund) LIS anstreben, damit auch Fahrzeugbesitzende ohne eine private Lademöglichkeit versorgt werden. Ein weiteres Ziel sollte die Versorgung an Standorten sein, welche für gewerbliche LIS-Betreibende unattraktiv sind. Diese liegen zumeist im ländlichen Raum.

Aufgrund der Brandenburgischen Siedlungs- und Eigentumsstruktur wird voraussichtlich in weiten Teilen des Landes weniger öffentliche Ladeinfrastruktur benötigt als im Bundesdurchschnitt. Viele Fahrzeugbesitzer können am Eigenheim laden. Eine Studie der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur empfiehlt für den aktuellen Zeitpunkt ein Verhältnis von 11:1 öffentlichen Ladepunkten zu E-Autos für den ländlichen Raum, 12:1 für den suburbanen Raum und 9:1 für den urbanen Raum (NLL 2020). Brandenburg wies im November 2021 insgesamt ein Verhältnis von 18:1 auf (Krafftahrt-Bundesamt 2021; BNetzA 2021) und liegt damit deutlich hinter dem anzustrebenden Verhältnis (siehe auch [HF 4-5](#) und [4-12](#)).

Zur Finanzierung von Ladeinfrastruktur hat der Bund bereits umfangreiche Fördermaßnahmen im Rahmen des „Masterplans Ladeinfrastruktur“ aufgelegt.²⁴⁵ Darüber hinaus ist jedoch auch eine koordinierende und ergänzende Rolle des Landes notwendig, wie sie etwa das Bundesland Baden-Württemberg im Rahmen des Programms „SAFE“ eingenommen hat oder das Land Nordrhein-Westfalen mit der Förderrichtlinie „progres.nrw – Emissionsarme Mobilität“. Förderlücken sollten identifiziert und geschlossen werden.

Handlungsschwerpunkt: Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Inhalte der Maßnahme:

1. **Zentrale Fachplanung LIS** (siehe auch [HF 4-12](#)): Identifikation der Bedarfe, Aktivierung von Stakeholdern, Unterstützung der Stakeholder durch Planung, Flächennutzung sowie Finanzierung im Bereich LIS. Der LIS-Ausbau sollte zentral und vorausschauend geplant werden. Dazu sollte ein Konzept zum Monitoring des LIS-Ausbaus und des Bedarfs erstellt werden. Die Kommunen müssen bei der Planung und Umsetzung des LIS-Ausbaus unterstützt werden. Auf landesbedeutsamen Verbindungen, etwa an Landstraßen, sollte das Land die Initiative zum LIS-Ausbau ergreifen. Für die LIS-Versorgung des MIV sollten zudem saisonale Effekte an touristischen Standorten beachtet werden.
2. **Vernetzung:** Die Fachplanung LIS sollte in Zusammenarbeit mit den Kommunen Informations- und Dialogveranstaltungen für die Aktivierung verschiedener Stakeholder durchführen. Hier werden auch Netzbetreibende miteingeschlossen, um einen netzdienlichen Ausbau zu gewährleisten (Meyer et al. 2020).
3. **Beratung LIS und E-Mobilität für Kommunen:** Das Land berät die Kommunen zur Unterstützung beim Umgang mit E-Mobilität und LIS (siehe [HF 4-1](#)) (BMDV 2022b).
4. **Nutzung von Liegenschaften und Flächen:** Geeignete Liegenschaften und Flächen für den LIS-Ausbau werden von den Kommunen an die Fachplanung LIS gemeldet. Diese meldet die Flächen an das bundesweite FlächenTOOL²⁴⁶, welches die Flächen für Investierende sichtbar macht.
5. **Öffentliche Arbeitgeber:** Öffentliche Arbeitgeber sollten LIS für ihre Arbeitnehmenden zur Verfügung stellen. Zur Unterstützung kann ein Leitfaden erstellt und bei der Finanzierung unterstützt werden.
6. **Öffentlich zugängliche Ladepunkte:** Die Ladepunkte können an zentralen Orten wie Supermärkten oder Parkhäusern die Versorgung von Stadtteilen sicherstellen. Digitale Tools sollten im Rahmen der zentralen Fachplanung LIS zur Unterstützung bei der Planung genutzt werden.²⁴⁷
7. **Private Ladepunkte:** Monitoring des Ausbaus privater Ladepunkte und Identifikation von Hemmnissen über die Fachplanung LIS und ggf. Förderung bei der Einrichtung. Trotz guter Nachfrage läuft die Förderung für private Ladepunkte (Wallboxen) des Bundes aus (Deutscher Bundestag 2022). Das Land muss daher prüfen, ob für einen adäquaten Ausbau der LIS im privaten Bereich weitere, landeseigene Förderung nötig ist. Dies kann über eine Hemmnisanalyse im Rahmen einer Studie geschehen.
8. **Erschließung wirtschaftlich unattraktiver Standorte im ländlichen Raum:** Wirtschaftlich attraktive LIS Standorte sollten an Betreiber vergeben werden, welche sich auch zum Betrieb an weniger attraktiven Standorten verpflichten.

²⁴⁵ Das Nachfolgeprogramm „Masterplans Ladeinfrastruktur 2.0“ wird voraussichtlich demnächst verabschiedet (Schaal 2022).

²⁴⁶ Siehe <https://flaechentool.de/> [29.06.2022]

²⁴⁷ Siehe etwa <https://www.localiser.de/> [06.07.2022]

9. **Netzintegration:** Förderung von flexiblen Preis- und Lademodellen. Intensive Kommunikation mit den Netzbetreibern. Durch die Einführung von bidirektionalem Laden (Vehicle to Grid – V2G) ergeben sich große Potenziale zur Sicherung der Netzstabilität. Zusammen mit dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie können entsprechende Pilotprojekte gefördert werden.
10. **Bevorzugung von E-Fahrzeugen:** Kommunen haben die Möglichkeit im Rahmen des Elektromobilitätsgesetzes Elektrofahrzeuge in bestimmten Bereichen zu bevorzugen (§ 3 Abs. 4 Nr. 1-4 EmoG (2015)). Dies umfasst das Parken auf öffentlichen Straßen, die Nutzung von öffentlichen Straßen, die besonderen Zwecken gewidmet sind, Ausnahmen bei Zufahrtsbeschränkungen und den (Teil-)Erlass von Gebühren bei der öffentlichen Parkraumbewirtschaftung (Schmidt et al. 2022).
11. Es müssen weitere **Fachkräfte** zum Ausbau der LIS ausgebildet werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben, Konzepte/Studien/Leitfäden, Information/Beratung/Vernetzung, Planung/Planungsverfahren, Personal, Bildung und Qualifizierung, Nutzung rechtlicher Rahmenbedingungen

Rechtsrahmen: Die Flottenerneuerung der Pkw mit alternativen Antrieben wird durch die EU gesteuert, E-Mobilitätsgesetz (EmoG), EU-Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID), Ladesäulenverordnung (LSV), Gebäude-Elektromobilitätsinfrastrukturgesetz (GEIG)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (MWAE, MIL), Kommunen

Mitwirkungsbedarf: Bund, Investitionsbank des Landes Brandenburg, Brandenburger Landesbetrieb für Liegenschaften und Bauen, Landesamt für Bauen und Verkehr, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Industrie- und Handelskammern, Stabsstelle Anwendung Elektro- und Wasserstoffmobilität bei der WfBB des Landes Brandenburg

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Die Maßnahmen zum LIS Ausbau werden vor allem kurz bis mittelfristig nötig sein. Sobald ein Großteil der Fahrzeugflotte auf alternative Antriebe umgestellt ist und ein adäquates Netz an Ladestationen zur Verfügung steht, muss der weitere Ausbau voraussichtlich nicht weiter gefördert werden.

Zielgruppen

Kommunen, Investierende, Bürgerschaft

THG-Minderung

Das Maßnahmenpaket trägt zusammen mit [HF 4-12](#) zum THG-Einsparpfad „Antriebswende MIV“ bei. Hier soll der Anteil der E-Autos auf 19 % und der Anteil der Plug-in-Hybride auf 10 % ansteigen. Bei Erreichen dieser Zielwerte ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 482 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Antriebswende im MIV

Indirekter Nutzen: Verbesserung der Luftqualität, Lärmreduktion, Nutzung regionaler Energiequellen

Aufwand

Direkter Aufwand: Es entstehen Kosten für die Erstellung eines Leitfadens zur Einrichtung von LIS bei öffentlichen Arbeitgebern. Es entstehen weitere jährliche Kosten für die Förderung von Investitionskosten von LIS. Zudem entstehen jährliche Ausgaben für die Bereitstellung des Personals auf Landes- und Kommunalebene. Für Personal auf Landesebene für die Fachplanung LIS ist mit 2 VZÄ zu rechnen.

LIS: Die Investitionskosten für einen Ladepunkt variieren stark nach der Ladegeschwindigkeit und: ca. 4.000 € für reguläres Laden mit 11 kW AC, ca. 25.000 € für Schnellladen mit 50 kW DC und ca. 100.000 € für Hochleistungsladen mit 150 kW DC. Die jährlichen Betriebskosten variieren von ca. 500 bis 2000 €. Weitere Kosten fallen für den Netzausbau an. Die Baukosten variieren stark über den Zeitverlauf.

Wasserstofftankstelle: Für Wasserstofftankstelle kann mit Investitionskosten von 2 – 3 Mio. € pro Tankstelle gerechnet werden (Nauhauser et al. 2020).

Indirekter Aufwand: Investitionskosten zum Aufbau der LIS bei Dritten. Kommunikation und Vernetzung

4.5.2.9 HF 4-9: Förderung des Rad- und Fußverkehrs

Beschreibung

Die Nahmobilität machte 2017 einen Anteil von 31 % am Modal Split im Land Brandenburg aus. Dabei entfielen 20 % auf den Fußverkehr und 11 % auf den Radverkehr. Im Vergleich zum Jahr 2008 sind die Werte allerdings gesunken: Fuß- und Radverkehr haben an Bedeutung verloren. Dabei bietet das Land Brandenburg aufgrund seiner flachen Topographie besonders gute Voraussetzungen für die Nahmobilität. Zudem sind die Hälfte der mit dem Auto zurückgelegten Strecken in Brandenburg maximal 8 Kilometer lang (Ermes et al. 2020). Auf diesen verhältnismäßig kurzen Strecken besteht ein großes Potenzial zur Verlagerung vom MIV auf die Nahmobilität. Vor allem E-Bikes bieten durch ihre höhere Reichweite und bisher relativ schwache Verbreitung bei Strecken von 5 – 10 Kilometern großes Potenzial zur Verlagerung. Radschnellverbindungen bergen ein großes Potenzial bei Strecken von 4 – 21 Kilometern (PTV 2021). Auch die Pendelstrecken von und nach Berlin und in andere Zentren bieten großes Verlagerungspotenzial auf (E-)Zweiräder.

Ziel der Maßnahme: Um das Verlagerungspotenzial auszuschöpfen, muss das Rad-Infrastrukturangebot stark ausgebaut und verbessert werden. Eine gute Grundlage bieten dafür die Vorschläge aus dem Gutachten zur Mobilitätsstrategie des Landes Brandenburg 2030 (Perner et al. 2021). Zum anderen muss die Nachfrage für die Nutzung der Nahmobilität durch eine Verstärkung der Flotte von (E-)Zweirädern über Leihradssysteme und betriebliche Flotten und eine umfangreiche Kommunikationsstrategie gestärkt werden. Die Nahmobilität muss bei der Raum- und Verkehrsplanung stärker berücksichtigt werden. Dabei ist sie auf kommunaler Ebene in ganzheitliche, multimodale Mobilitätskonzepte zu integrieren. Neben dem Alltags- und Berufsverkehr ist auch die touristische Nahmobilität in die Planungen einzuschließen. Die Radverkehrsstrategie des Landes, welche sich derzeit in Bearbeitung befindet, wird weitere detaillierte Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs festlegen.

Inhalte der Maßnahme:

1. **Verkehrsplanung:** Vorrangstellung der Nahmobilität in der Verkehrsplanung, Stadtplanung, Quartiersplanung und -modernisierung sowie im Straßenbau.
2. **Ausbau des überregionalen Radwegenetzes:** Das Land konzipiert gemeinsam mit den Landkreisen und kreisfreien Städten ein baulastträgerübergreifendes Radwegenetz, das die Schaffung durchgehender überregionaler Radverkehrsverbindungen im Fokus hat. Die Konzeption bezieht alle bestehenden Infrastrukturen und Wegeverbindungen (z. B. straßenbegleitende Radwege, das ländliche Wegenetz, touristische Radroutenwege, innerörtliche Straßen und Radwege) ein. Radschnellverbindungen und Radvorrangrouten werden in geeigneter Form berücksichtigt.
3. **Kommunale Radwegenetze:** Die Kommunen koordinieren ihre Radverkehrskonzepte und deren Umsetzung untereinander und mit dem Land, um das "Radwegenetz Brandenburg" zu konkretisieren und um lokale Wegeverbindungen zu ergänzen.
4. **Fahrradabstellanlagen:** Weiterführung und Intensivierung der Förderung von sicheren, überdachten und gut zugänglichen Fahrradabstellanlagen, insbesondere an Mobilitätsdrehpunkten und öffentlichen Einrichtungen.
5. **Lichtsignalanlagen:** Verstärkte Umstellung der Lichtsignalanlagen auf eine für den Rad- und Fußverkehr optimierte Schaltung.
6. **Mobilitätsmanagement:** Das Land ergreift Maßnahmen zur Unterstützung des Mobilitätsmanagements bei öffentlichen und privaten Arbeitgebenden sowie Schulen und unterstützt mit Beratung und Finanzmitteln. Die Anschaffung von E-Dienst-Zweirädern für den Pendelverkehr wird finanziell gefördert (siehe [HF 4-11](#)).
7. **Kommunikation:** Das Land sollte übergreifende Informations- und Kommunikationsstrategien zur Förderung der Nahmobilität für spezifische Zielgruppen realisieren (etwa in Kooperation mit dem Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz und dem Landessportbund).
8. **Leihsysteme:** Förderung von regionalen (E-)Zweirad-Leih- und Sharing-Systemen und Kooperationen mit anderen Mobilitätsanbietern (Verknüpfung mit ÖPNV, Carsharing). Vor allem an Mobilitätsdrehpunkten und zentralen Orten sollten Leihräder zur Verfügung stehen.

9. **Fußwegenetz:** Intensivierung der Förderung eines barrierearmen, attraktiven, sicheren und lückenlosen kommunalen Fußwegenetzes sowie von fußgängerfreundlichen Innenstädten (siehe auch [HF 4-7](#)) (AGFS 2018).

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Konzepte/Studien/Leitfäden, Information/Beratung/Vernetzung, Planung/Planungsverfahren

Rechtsrahmen: Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Brandenburgisches Straßengesetz (BbgStrG), Brandenburgische Bauordnung (BbgBO), Planfeststellungsverfahren, Stellplatzsatzung

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung Brandenburg), weitere betroffene Fachressorts, Kommunen

Mitwirkungsbedarf: ÖPNV-Anbieter, Carsharing-Anbieter, Zweirad-Leihsystem-Anbieter, Arbeitgebende, Schulen, Wirtschaftsförderung, Industrie- und Handelskammer, Handwerkskammer, Landesamt für Bauen und Verkehr, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Land (Ministeriums für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg), Landessportbund, Gewerbetreibende, Innenstadt-/Altstadtvereine, Zivilgesellschaft

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: langfristig

Zielgruppen

Kommunen, MIV-Nutzende, Nahmobilitäts-Nutzende

THG-Minderung

Das Maßnahmenpaket trägt zusammen mit [HF 4-7](#) und [HF 4-11](#) zum THG-Einsparpfad „Verlagerung von MIV zu Nahmobilität“ bei. Hier ist ein Anstieg des Anteils des Fuß- und Radverkehrs auf etwa 8 % der Personenkilometer bis 2030 vorgesehen. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 63 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Verlagerung von MIV auf die Nahmobilität

Indirekter Nutzen: Gesundheit, Verkehrssicherheit, Entlastung der Straßen und des ÖPNV, Verbesserung der Luftqualität, Lärmreduktion, reduzierter Verkehrsflächenbedarf

Aufwand

Direkter Aufwand: Perner et al. gehen von einem zusätzlichen Investitionsbedarf (Bund, Land und Kommunen) von ca. 80 Mio. € p. a. zur Förderung der Radverkehrsinfrastruktur aus (2021). Das Budget für die Öffentlichkeitsarbeit im Radverkehr von 20.000 € im Jahr 2022 sollte deutlich angehoben werden (Land Brandenburg, 2022). Weitere Kosten ergeben sich durch das Förderprogramm kommunaler Straßenbau und die Förderung des Mobilitätsmanagements. Regionale Fahrrad-Leihsysteme sollten bei Bedarf mit einer Anschubfinanzierung unterstützt werden.

Indirekter Aufwand: Kulturwandel

4.5.2.10 HF 4-10: Verlagerung und Vermeidung von Güterverkehr

Beschreibung

Im Güterverkehr wird, aufgrund des zu erwartenden Wirtschaftswachstum in Brandenburg, ein steigendes Verkehrsaufkommen angenommen. Um Klimaneutralität im Handlungsfeld Verkehr und Mobilität zu erreichen, sollte der Straßenverkehr um lediglich 5 % und der Schienengüterverkehr um 45 % – gemessen an der Transportleistung in Tonnenkilometern – bis zum Jahr 2045 ansteigen. Im Landesentwicklungsplan werden Grundsätze und Ziele zur Verlagerung und Vermeidung von Güterverkehr formuliert (GL BBB o. J.). Diese Inhalte bedürfen einer konsequenten Interpretation und Umsetzung im Sinne eines klimafreundlichen Güterverkehrs (Perner et al. 2021). Ein Fokus sollte auf dem in Brandenburg wichtigen Transitverkehr liegen.

Ziel der Maßnahme: Um den Anstieg im Güterverkehr zu begrenzen, braucht es Maßnahmen zur Vermeidung von Güterverkehr. Damit das steigenden Güterverkehrsaufkommen nicht wie bisher vor allem auf der Straße transportiert wird, braucht es für große Mengen eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene und die Wasserwege. Eine gute Grundlage bieten die Vorschläge in „Hinweise zu Maßnahmen für eine Verkehrswende im Güterverkehr“ (FGSV 2021). Regionale Wirtschaftskreisläufe müssen gestärkt werden, um die Transportdistanzen zu senken. Betriebe mit hohem Transportaufkommen müssen in der Nähe von gut ausgebauter klimaneutraler Transportinfrastruktur angesiedelt sein. Zudem braucht es Innovationen und eine breite Umsetzung bei Transportkonzepten und Technik.

Inhalte der Maßnahme:

1. **Clusterbildung an klimafreundlicher Verkehrsinfrastruktur:** Gewerbeflächen mit realem oder optionalem Gleisanschluss sollten für Unternehmen mit ernsthaftem Interesse am Schienentransport vorgehalten werden. Die Wirtschaftsförderung der Kommunen und des Landes sollte die Ansiedelung von Unternehmen in diesen Gebieten fördern. Die bestehenden Konzepte zur Flächensicherung zugunsten des Schienengüterverkehrs und zur strategischen Flächensicherung derzeit nicht genutzter Infrastrukturen sollten weiterentwickelt werden. Analog sollte mit Gewerbeflächen an Wasserstraßen vorgegangen werden um den Schiffsverkehr zu fördern (BMVI 2019). Die Wirtschaftsförderung sollte zudem die regionale Ansiedelung von Unternehmen innerhalb einer Wertschöpfungskette fördern, um lange Transportwege zu vermeiden.
2. **Gleisanschlüsse:** Das Land setzt die in sein Aufgabengebiet fallenden Maßnahmen der Gleisanschlusscharta um (VDV 2022). Darunter fällt eine Modernisierung der landesrechtlichen Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Gleisanschlüssen und eine Harmonisierung mit dem Bundesrecht. Die Kommunen sind bei der Planung von Gewerbegebieten im Hinblick auf einen Nachhaltigen Güterverkehr zu unterstützen. Ein Leitfaden für Antragsteller von Gleisanschlüssen wird erarbeitet. Es muss eine Trendumkehr beim Rückgang privater Gleisanschlüsse geben.
3. **Schienausbau:** Ausbau wichtiger Schienengüterverkehrsstrecken unter Beachtung der transeuropäischen Verkehrsnetze (TEN-V). Bei von deutschen Lkw transportierter Tonnage, werden 8 % weiter als 300 km bewegt (IW 2021). Zudem ist Brandenburg ein wichtiges Transitland für Langstreckentransporte. Wichtige Strecken mit Ausbaubedarfen sind zu identifizieren und die entsprechenden Planungen müssen begonnen werden.
4. **Landesvertretung Schienengüterverkehr:** Um die Interessen des Schienengüterverkehrs (SGV) besser mit den Anforderungen des schienengebundenen Personenverkehrs in Einklang zu bringen und den SGV an der Schnittstelle von Raumplanung und Wirtschaftsförderung zu vertreten, sollte der Posten einer Landesvertretung Schienengüterverkehr geschaffen werden. Hier könnte auch eine zentrale Anlaufstelle für das Beratungsangebot rund um den Gleisanschluss liegen. Als Vorbild könnte hierbei das Land Baden-Württemberg dienen, welches in seinem Güterverkehrskonzept die Schaffung eines „Kümmers“ als zentrale Anlaufstelle vorsieht (siehe auch [HF 4-1](#)) (Bernecker et al. 2020).
5. **Kombinierter Verkehr:** Die Infrastruktur für den kombinierten Verkehr (intermodaler Transport auf Schiene, Wasser und Straße) muss ausgebaut werden. Der Fokus sollte hierbei zunächst auf den wichtigen Fernverkehrsachsen und den Güterverkehrszentren (GVZ) liegen. Hierdurch ergibt sich auch ein Potenzial für die Stärkung Brandenburgs als wichtigen Wirtschafts- und Industriestandort. Eine Ausweitung der Förderung für benötigte, vorgelagerte Infrastruktur und Umschlaganlagen, die von Unternehmen im öffentlichen Eigentum betrieben werden, ist zu prüfen. Das „Förderprogramm Schienengüterverkehr“ mit der Richtlinie zur Förderung der Schienengüterinfrastruktur (Rili SGV-Invest) sollte verlängert und gestärkt werden. Die Verlagerung von Transporten auf bestehenden Wasserstraßen sollte gefördert werden.
6. **Digitalisierung:** Durch Digitalisierung und Automatisierung im Betrieb und in der Auftragsabwicklung an Verladestationen des kombinierten Verkehrs kann Zeit gespart und die Zuverlässigkeit gesteigert werden. Zeitnahe Informationen zu betrieblichen Abläufen sind wichtig für die Integration verschiedener Verkehrsträger. Digitale Werkzeuge können zudem die Auslastung von Fahrten weiter erhöhen. Betriebe müssen gute Rahmenbedingungen zur Optimierung dieser Betriebsabläufe vorfinden. Das Land fördert entsprechende Pilotprojekte und Weiterbildungsmaßnahmen.

7. **Micro-Hubs:** Micro-Hubs können eine nachhaltige Lösung zum Gütertransport auf der „letzten Meile“ darstellen. Die Feinverteilung der Waren, die in den Micro-Hubs zwischengelagert werden, muss über klimaneutrale Kleinstfahrzeuge, wie etwa Schwerlastenräder erfolgen. Das Land sollte entsprechende Pilotprojekte fördern, um den Anstieg im Online-Versandhandel abzufedern.
8. **Logistikkonzepte ländlicher Raum:** Es braucht innovative Konzepte zur effizienten Warenversorgung im ländlichen Raum. Der KombiBus ist ein sinnvoller Ansatz zur Nutzung von „sowieso-Fahrten“ für den Warenverkehr (Landesregierung Brandenburg 2020). Das Land sollte ähnliche Ideen mit einem Förderprogramm weiter entwickeln.
9. **Preisdifferenz vom Straßen- und Schienenverkehr:** Einen weiteren Schub zur Verlagerung von Güterverkehr auf die Schiene kann eine Änderung der Preisdifferenz vom Straßen- und Schienenverkehr liefern. Eine Ausweitung der Lkw-Maut ist zu prüfen (Sutter et al. 2016; Blechschmidt et al. 2022). Zudem sollte auf die Senkung von Trassenpreisen im Schienengüterverkehr bei den zuständigen Stellen des Bundes hingewirkt werden.
10. **Effizienzsteigerung bei Fahrten:** Durch Forschung & Entwicklung sowie Pilotvorhaben im Bereich Aerodynamik und leicht rollende Reifen können Vorhaben unterstützt werden die Energie bei Lkw-Fahrten einsparen.
11. **Ausbildung:** Weiterentwicklung und Harmonisierung eines Systems beruflicher Bildungswege im Schienengüterverkehr (BSBB 2021). Priorisierung der Möglichkeiten nachhaltiger Transportoptionen im Güterverkehr in der Aus- und Weiterbildung (BMDV 2022a). Da die berufliche Bildung in die Zuständigkeit des Bundes fällt ist eine Abstimmung mit dem Bund nötig (siehe auch [HF 4-1](#)).

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Personal, Bildung und Qualifizierung, Planung/Planungsverfahren, Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben, Rechtssetzung, Konzepte/Studien/Leitfäden

Rechtsrahmen: Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Bauplanungsrecht, Rili SGV-Invest

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie), Kommunen

Mitwirkungsbedarf: Bund, Verbände, Güterverkehrsbranche, Landesamt für Bauen und Verkehr

Fristigkeit

Umsetzung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Langfristig

Zielgruppe

Industrie-, Handels- und Logistikunternehmen

THG-Minderung

Durch einen angenommenen Anstieg der Güterverkehrsnachfrage um 8 % bis 2030 würden die THG-Emissionen um 148 Mio. kg CO_{2e} steigen. Das Maßnahmenpaket adressiert den THG-Einsparpfad „Vermeidung von Güterverkehr“. Hier ist eine Auslastungssteigerung der LNfZ um 4 % und der SNfZ um 8 % bis 2030 vorgesehen. Daraus ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 93 Mio. kg CO_{2e}. Zudem sollen durch die angeführten Maßnahmen die Zielwerte des THG-Einsparpfads „Verlagerung von Güterverkehr“ erreicht werden. Dieser sieht einen Anstieg des Anteils des Schienengüterverkehrs an den Tonnenkilometern auf 29 % vor, woraus sich ein Minderungspotenzial von etwa 107 Mio. kg CO_{2e} ergibt.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Verlagerung und Vermeidung von Güterverkehr

Indirekter Nutzen: Stärkung des Wirtschaftsstandorts Brandenburg, Verkehrsentlastung auf der Straße

Aufwand

Direkter Aufwand: Für die Förderung von Gleisanschlüssen können 100.000 bis 1.000.000 € je Gleisanschluss angesetzt werden. Für die Förderung von Kombibus-Projekten werden 200.000 bis 500.000 € pro Vorhaben geschätzt. Für die Förderung von Modellkommunen für City-Logistik-Konzepte werden 250.000 bis 1.000.000 € je Kommune geschätzt (Bernecker et

al. 2020). Für die Personalstelle eines Landesvertretung Schienengüterverkehr kann mit 2 VZÄ gerechnet werden. Weitere Kosten ergeben sich durch Planungs- und Verwaltungskosten, die Ausweitung der Förderprogramme und die Leitfadenerstellung. Mehreinnahmen ergeben sich ggf. durch die Ausweitung der LKW-Maut.

Indirekter Aufwand: Nachhaltigkeitsorientierte Transport- und Gewerbeansiedelungskultur

4.5.2.11 HF 4-11: Verlagerung und Vermeidung von Wirtschaftsverkehr

Beschreibung

Der Wirtschaftsverkehr umfasst den Personenwirtschaftsverkehr sowie den Dienstleistungsverkehr. Im Dienstleistungsverkehr sind neben gewerblichen Dienstleistungen und Handwerk auch kommunale Dienstleistungen wie etwa die Straßenreinigung oder Müllabfuhr enthalten. Der Wirtschaftsverkehr findet mit Pkw und leichten Nutzfahrzeugen (Nfz) statt. Im Personenwirtschaftsverkehr wirkt die derzeitige Besteuerung von Dienstwagen den Klimazielen entgegen. Der Anteil von Dienstwagen bei den Neuzulassungen von Pkw lag in den letzten Jahren bei rund 20 % (Blanck et al. 2021). Dienst- oder Firmenwagen können von Mitarbeitenden auch privat genutzt werden. Dies führt zu einem höheren Straßenverkehrsaufkommen (UBA 2021a). Neben der privaten Nutzung werden Dienstwagen für Dienstreisen eingesetzt. Für 10 % der Bevölkerung gehören Dienstreisen zum Alltag (acatech 2019).

Ziel der Maßnahme:

Dienstwagen müssen durch alternative, klimafreundliche Angebote ersetzt werden. Der Austausch der Flotten darf nicht 1 zu 1 vom Verbrenner zum E-Auto durchgeführt werden. Der Flottenaustausch muss durch weitere Maßnahmen flankiert werden, die darauf abzielen Wirtschaftsverkehr zu vermeiden und zu verlagern. Die Landesverwaltung sollte dabei eine Vorbildrolle einnehmen.

Inhalte der Maßnahme:

1. **Bundesinitiative zur Reform des Dienstwagenprivilegs:** Die Abschaffung des Dienstwagenprivilegs ist im Koalitionsvertrag des Bundes (2021 – 2025) nicht vorgesehen. Die vorgesehene stärkere Förderung vor allem von E-Autos muss umgesetzt werden. Darüber hinaus sollte die steuerliche Förderung von Dienstwagen sinken. Das Land muss hier weitere politische Arbeit zur Abschaffung leisten.
2. **Landeseigene Dienstwagenflotte:** Die über den Brandenburgischen Landesbetrieb für Liegenschaften und Bauen (BLB) bzw. vom Zentraldienst der Polizei beschafften Dienstwagen sollten klimaneutral sein. Die Beschaffungsrichtlinien sollten entsprechend geändert werden. Der BLB ist dem MdFE untergeordnet.
3. **Betriebliches Mobilitätsmanagement:** Öffentliche sowie private Arbeitgebende sollten ein betriebliches Mobilitätsmanagement einrichten. Ersatz von Dienstwagen durch klimafreundliche Mobilitätsangebote (z. B. durch Mobilitätsbudget, E-Jobrad, Jobticket). Öffentliche Arbeitgebende können durch politische Zielvorgaben, private Betriebe durch Beratung der Industrie- und Handelskammer (IHK), Handwerkskammer (HWK) und Wirtschaftsförderung (Wfbb) motiviert und unterstützt werden.²⁴⁸ E-Jobräder können vom Land gefördert werden.
4. **Nutzung der Dienstwagen:** Förderung von betrieblichem Carsharing (bzw. Carpooling) bei privaten und öffentlichen Arbeitgebenden (siehe z. B. Efze). Dies kann durch Beratung, die Erstellung eines Leitfadens, die öffentlichkeitswirksame Darstellung von Best Practices sowie finanzielle Unterstützung geschehen.

²⁴⁸ Siehe „Leitfaden zur nachhaltigen Ausgestaltung von Mobilitätsrichtlinien in Unternehmen“ (Brübach et al. 2022) und „Praxisleitfaden Betriebliches Mobilitätsmanagement“ (MIE 2016) sowie das Sharing Angebot der Kreiswerke Barnim (<https://www.barshare.de/index.php> [02.08.2022]).

5. **Dienstreiserichtlinien:** Die Dienstreisevorschriften des Landes sowie der Kommunen müssen die Klimawirksamkeit als weiteres Kriterium neben den monetären Kosten aufnehmen. Initiative zur Änderung der Vorschriften auch bei privaten Unternehmen, etwa über die IHK, HWK und Wfbb.
6. **Digitale Kommunikationsmittel:** Digitale Kommunikationsmittel sollten in Betrieben auf freiwilliger Basis als alternative zu Dienstreisen eingesetzt werden können. Das Land kann dies über einen Leitfaden in den Betrieben des Landes sowie der Kommunen unterstützen. In der Wirtschaft kann die Nutzung über das Zukunftszentrum Brandenburg unterstützt werden.
7. **Digitalisierung von Dienstleistungen:** Dienstleistungen, die eine physische Präsenz nicht unbedingt notwendig machen, sollten auch digital angeboten werden. In der Medizin ist dieses Angebot als Telemedizin bekannt. Es gibt großes Potenzial für weitere Dienstleistungen wie etwa Beratungen. Dies erhöht die Versorgung im ländlichen Raum mit den entsprechenden Angeboten und reduziert den Anteil weiter Fahrten zum Arzt oder der Beratungsstelle. In der Wirtschaft kann die Digitalisierung von Dienstleistungen über das Zukunftszentrum Brandenburg und die entsprechenden Berufsverbände unterstützt werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Rechtssetzung, Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Konzepte/Studien/Leitfäden, Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen: Verwaltungsvorschriften zu Dienstreisen

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Bund, Land (Ministerium für Wirtschaft, Energie und Arbeit, Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung, Ministerium der Finanzen und für Europa des Landes Brandenburg) Kommunen, Arbeitgebende

Mitwirkungsbedarf: Unternehmen, Industrie- und Handelskammer, Handwerkskammer, Wirtschaftsförderung, Zukunftszentrum Brandenburg, Berufsverbände, Brandenburgischen Landesbetrieb für Liegenschaften und Bauen, Zentraldienst der Polizei

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Langfristig. Sobald die genannten Systeme etabliert sind, kann das Land die Anschubförderung gegebenenfalls zurückfahren.

Zielgruppen

Dienstwagennutzende, Arbeitgebende, Dienstleistungsanbieter und -anbieterinnen

THG-Minderung

Dieses Maßnahmenpaket trägt zusammen mit [HF 4-6](#) und [HF 4-7](#) zum THG-Einsparpfad „Vermeidung von MIV“ bei. Dieser sieht vor, dass bis 2030 etwa 2,5 % der Personenkilometer im MIV vermieden werden und der Besetzungsgrad leicht auf 1,5 ansteigt. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 95 Mio. kg CO_{2e}.

Zudem tragen die angeführten Maßnahmen zusammen mit [HF 4-3](#), [HF 4-4](#) und [HF 4-7](#) zum THG-Einsparpfad „Verlagerung von MIV zu ÖPNV“ bei. Dieser sieht nahezu eine Verdopplung der Verkehrsleistung des ÖV in Personenkilometer bis 2030 vor. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Einsparpotenzial von etwa 52 Mio. kg CO_{2e}.

Zudem wird zusammen mit [HF 4-7](#) und [HF 4-9](#) der THG-Einsparpfad „Verlagerung von MIV zu Nahmobilität“ adressiert. Hier ist ein Anstieg des Anteils des Fuß- und Radverkehrs auf etwa 8 % der Personenkilometer bis 2030 vorgesehen. Bei Erreichen dieses Zielwertes ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 63 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Vermeidung und Verlagerung von Straßenverkehr.

Indirekter Nutzen: Bessere Erreichbarkeit von Dienstleistungen durch digitales Angebot, Mobilitätsbudget ist flexibel einsetzbar, höhere Verfügbarkeit von Sharing-Autos und Ride-Sharing Angeboten

Aufwand

Direkter Aufwand: Für die Förderung von Diensträdern für öffentliche und private Unternehmen könnte analog zur Förderung von Lastenfahrrädern ein Förderprogramm mit einem Budget von

etwa 300.000 € p. a. angesetzt werden (Land Brandenburg 2022). Weitere Kosten fallen für Pilotprojekte im Bereich Carsharing/Carpooling bei öffentlichen Arbeitgebenden, für das Mobilitätsmanagement in öffentlichen Einrichtungen sowie die Leitfadenerstellung an.

Indirekter Aufwand: Umstieg vom MIV

4.5.2.12 HF 4-12: Unterstützung der Antriebswende im Güter- und Wirtschaftsverkehr

Beschreibung

Schwere und leichte Nutzfahrzeuge (Nfz) haben 2019 ca. 33 % des Energiebedarfs im Straßenverkehr in Anspruch genommen (Hirschl et al. 2022). Zudem werden die Energiebedarfe aus dem MIV, welche dem Personenwirtschafts- und dem Dienstleistungsverkehr zugerechnet werden, im Bereich Güter- und Wirtschaftsverkehr adressiert. Der straßengebundene Verkehr wird perspektivisch weiterhin einen Großteil des Güter- und Wirtschaftsverkehrs ausmachen, vor allem im Nahverkehr bis 50 Kilometer und im Regionalverkehr bis 150 Kilometer.

Der Anteil des Energiebedarfs vom Güterschienenverkehr am Gesamtschienenverkehr liegt bei ca. 40 % (Hirschl et al. 2022). Der Schienengüterverkehr in Brandenburg ist weitgehend elektrifiziert, allerdings bestehen noch Potenziale zur weiteren Elektrifizierung. Neben dem Klimaschutz kann dies auch die Kosten für die Nutzung der Trassen senken (Blechsmidt et al. 2022). Der Güter- und Wirtschaftsverkehr auf dem Wasser macht zwar einen kleinen Anteil am Gesamtverkehr in diesem Bereich aus, sollte aber aufgrund seiner guten Klimabilanz wachsen.

Ziel der Maßnahme: Der Güter- und Wirtschaftsverkehr muss bis 2045 weitgehend elektrifiziert werden. Bis zum Jahr 2030 sollten im straßengebundenen Verkehr bei den leichten Nfz 24 % batterieelektrisch und bei den schweren Nfz 14 % batterieelektrisch betrieben werden. Der Wasserstoffanteil sollte in deutlich geringerem Umfang ansteigen: Für 2045 liegen die Zielwerte bei 7 % für leichte Nfz und bei 13 % für schwere Nfz. Der gewerbliche Pkw-Verkehr muss vollständig elektrifiziert werden.

Um die Flotten mit Strom und Wasserstoff zu versorgen, muss das Land den Ausbau der nötigen Ladeinfrastruktur (LIS) sowie der Wasserstoffversorgung fördern. Es braucht ein gut ausgebautes Netz an Ladesäulen, Oberleitungen und Wasserstofftankstellen. Die EU-Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID) gibt vor, dass es entlang der wichtigsten Schnellstraßen alle 60 Kilometer eine Lademöglichkeit für Lastwagen geben soll. Die Versorgung mit alternativen Energieträgern darf für Entscheidungsträger und -trägerinnen im Güter- und Wirtschaftsverkehr kein Hemmnis darstellen, ihre Flotten auf E-Fahrzeuge oder Fahrzeuge mit Brennstoffzellen umzustellen. Die wirtschaftliche Belastung bei der Installation eigener LIS und Wasserstoffinfrastruktur sowie der Flottenumstellung muss für Betriebe verkraftbar sein. Für die Umstellung der kommunalen Wirtschaftsfahrzeugflotten gelten die Bestimmungen der Clean Vehicle Directive (CVD). Das Land sollte die Quotenregelung selbst erfüllen (siehe [HF 4-5](#)).

Im Bereich des Schienengüterverkehrs sollten die Güterverkehrskorridore bis 2030 zu 97 % und bis 2045 zu 100 % elektrifiziert sein. Auch der Gütertransport auf dem Wasser sollte auf alternative Antriebe umgestellt werden (Szenario I „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“).

Inhalte der Maßnahme:

1. **Zentrale Fachplanung LIS und Wasserstoff für den Güter- und Wirtschaftsverkehr** (siehe auch [HF 4-8](#)): Identifikation der Bedarfe, Aktivierung von Stakeholdern, Unterstützung der Stakeholder durch Planung, Flächennutzung sowie Finanzierung im Bereich LIS und Wasserstoff (als Ergänzung zu Bundesaktivitäten). Der LIS- und Wasserstoff-Ausbau sollte zentral und vorausschauend geplant werden. Dazu sollte ein Konzept zum Monitoring des LIS- und Wasserstoff-Ausbaus sowie der Bedarfe erstellt werden. Die Kommunen müssen in die Planung mit eingebunden und bei der Umsetzung finanziell unterstützt werden. Auf landesbedeutsamen Verbindungen, etwa an Landstraßen, sollte das Land die Initiative zum LIS-Ausbau ergreifen. Die Bedarfe für öffentliche Wasserstofftankstellen müssen geprüft werden.
2. **Vernetzung:** Die zentrale Fachplanung führt in Zusammenarbeit mit den Kommunen Informations- und Dialogveranstaltungen für die Aktivierung verschiedener Stakeholder durch.

Hier werden auch Netzbetreibende miteingeschlossen, um einen netzdienlichen Ausbau zu gewährleisten. Zudem sollten Wasserstoffproduzenten in der Region identifiziert und in die Planungen integriert werden. Betriebe sollten bei der Kooperation zum gemeinsamen Aufbau privater LIS und Wasserstofftankstellen unterstützt werden. Güterverkehrszentren (GVZ) könnten aufgrund ihrer Größe zu lokalen Versorgern werden. So strebt etwa die Brandenburgische Wasserstoffstrategie Pilotprojekte für Brennstoffzellen-Lkw an GVZ an (MWAE 2021a).

3. **Leitfaden LIS und Wasserstoff für den Güter- und Wirtschaftsverkehr für Kommunen:** Das Land erstellt einen Leitfaden für die Kommunen zur Unterstützung beim Umgang LIS und Wasserstoff im Bereich Güter- und Wirtschaftsverkehr.
4. **Kommunale betriebliche LIS:** Die kommunalen Betriebe müssen ihre Wirtschaftsfahrzeuge mit alternativen Antrieben versorgen. Die Kommunen sollten beim Aufbau der entsprechenden Infrastruktur beraten werden. Zudem sollten die Betriebe bei der Vernetzung mit relevanten Stakeholdern in der Region unterstützt werden (siehe [HF 4-1](#)).
5. **Betriebliche Ladepunkte und Wasserstofftankstellen:** Monitoring des Ausbaus betrieblicher Ladepunkte und Wasserstofftankstellen und Identifikation von Hemmnissen. Das Land muss prüfen, ob für einen adäquaten Ausbau der LIS/Wasserstofftankstellen im gewerblichen Bereich weitere, landeseigene Förderung nötig ist. Dies kann über eine Hemmnisanalyse im Rahmen einer Studie geschehen.
6. **Netzstabilität:** Förderung von flexiblen Preis- und Lademodellen. Intensive Kommunikation mit den Netzbetreibern. Gerade für größere gewerbliche Stromabnehmer können flexible Preismodelle attraktiv sein und einen großen Beitrag zur Netzstabilität leisten. Entsprechende Ansätze sollten lokal über Pilotprojekte gefördert werden.
7. Das Land sollte die Initiative zur **Elektrifizierung von Streckenabschnitten im Schienen-güterverkehr** ergreifen. Bei besonders geeigneten Strecken können durch eine Elektrifizierung Kostenvorteile entstehen. Das Land sollte sich mit Polen über die Elektrifizierung von grenzüberschreitenden Streckenabschnitten abstimmen. Die Strecken Cottbus – Horka und Brandenburg Hbf – Brandenburg Altstadt wurden in einer Studie als besonders geeignet identifiziert (Blechschmidt et al. 2022). Bei Streckenabschnitten, die sich nicht sinnvoll über ein Oberleitungsnetz elektrifizieren lassen, muss der Einsatz von batterieelektrischen Zügen geprüft und die entsprechende LIS (etwa über Oberleitungsinselanlagen) aufgebaut werden.
8. Identifikation von Potenzialstrecken zur Installation von **Lkw-Oberleitungen**.
9. **Betriebliche Flotten:** Das vom EU-Parlament beschlossene Ende von Verbrennungsmotoren gilt für Pkw und leichte Nfz. Auch bei schweren Nfz werden restriktive THG-Emissionsstandards von der EU festgelegt (Öko-Institut e.V. 2021b). Die Betriebe werden ihre Flotten erneuern müssen und brauchen dabei Unterstützung. Das Land sollte prüfen, inwieweit es Unternehmen bei der Finanzierung (etwa über Unterstützung bei der Beantragung von Bundesmitteln) unterstützen kann.
10. **Kommunale Wirtschaftsfahrzeuge:** Unterstützung der Kommunen bei der Umstellung ihrer Fuhrparks der Wirtschaftsfahrzeuge (etwa Müllabfuhr) auf alternative Antriebe (CVD). Das Land muss die Kommunen bzw. kommunalen Betriebe bei der Beantragung der Mittel unterstützen. Zudem sollte das Land eine Rückfallebene bereithalten, falls keine Bundesmittel gewonnen werden können.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Planung/Planungsverfahren, Information/Beratung/Vernetzung, Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Entwicklung/Pilotvorhaben, Konzepte/Studien/Leitfäden

Rechtsrahmen: Die Flottenerneuerung der Pkw und leichten Nfz mit alternativen Antrieben wird durch die EU gesteuert, E-Mobilitätsgesetz (EmoG), EU-Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID), Ladesäulenverordnung (LSV), Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (Ministerium für Wirtschaft, Energie und Arbeit, Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung), Bund, Kommunen, DB Netz AG

Mitwirkungsbedarf: Unternehmen mit Mobilitätsbedarfen, LIS- und Wasserstoffindustrie, Netzbetreiber, Landesamt für Bauen und Verkehr, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg

Fristigkeit

Einführung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Die Maßnahmen zum Ausbau der Lade- und Tankinfrastruktur für alternative Antriebe werden vor allem kurz bis mittelfristig nötig sein. Sobald ein Großteil der Fahrzeugflotte auf emissionsfreie Antriebe umgestellt ist und ein adäquates Netz zur Versorgung zur Verfügung steht, muss der weitere Ausbau nicht weiter gefördert werden. Gleiches gilt für die Schiene.

Zielgruppe

Unternehmen, Kommunen

THG-Minderung

Dieses Maßnahmenpaket adressiert den THG-Einsparpfad „Antriebswende Güterverkehr“. Durch eine Antriebswende bis 2030 bei leichten Nutzfahrzeugen (24 % batterieelektrische Antriebe), schweren Nutzfahrzeugen (14 % (batterie)elektrische Antriebe, 1 % Brennstoffzellenantriebe) und dem Schienengüterverkehr (97 % Elektrifizierung) ergibt sich ein Minderungspotenzial gegenüber 2020 von 217 Mio. kg CO_{2e}.

Die angeführten Maßnahmen tragen zudem zusammen mit [HF 4-8](#) zum THG-Einsparpfad „Antriebswende MIV“ bei. Hier soll der Anteil der E-Autos auf 19 % und der Anteil der Plug-in-Hybride auf 10 % ansteigen. Bei Erreichen dieser Zielwerte ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 482 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Antriebswende im Güter- und Wirtschaftsverkehr

Indirekter Nutzen: Lärmschutz, Steigerung der Luftqualität, Kosteneffizienterer Betrieb von einigen Bahnstrecken, Nutzung regionaler Energiequellen

Aufwand

Direkter Aufwand: LIS: Die Investitionskosten für einen Ladepunkt variieren stark nach der Ladegeschwindigkeit: ca. 4.000 € für reguläres Laden mit 11 kW AC, ca. 25.000 € für Schnellladen mit 50 kW DC und ca. 100.000 € für Hochleistungsladen mit 150 kW DC. Die jährlichen Betriebskosten variieren von ca. 500 bis 2000 €. Für die Elektrifizierung mit Oberleitungen kann mit Gesamtkosten in Höhe von 2 – 3 Mio. € pro Streckenkilometern gerechnet werden. Weitere Kosten fallen für den Netzausbau sowie die Erstellung des Leitfadens „LIS und Wasserstoff im Güter- und Wirtschaftsverkehr für Kommunen“ an.

Wasserstofftankstelle: Für Wasserstofftankstelle kann mit Investitionskosten von 2 – 3 Mio. € pro Tankstelle gerechnet werden (Nauhauser et al. 2020).

Indirekter Aufwand: In der Wirtschaft werden hohe Kosten bei der Umstellung der Flotten anfallen.

4.5.2.13 HF 4-13: Reduktion der Flugemissionen

Beschreibung

Der Luftverkehr ist für ca. 5 % der THG-Emissionen des Verkehrssektors im Land Brandenburg verantwortlich. Der für die THG-Emissionen relevante Luftverkehr konzentriert sich am Flughafen Berlin-Brandenburg (BER). Die Schätzung für den Kerosinbedarf am BER in 2020 beläuft sich auf 329.063 m³ (mit Bereinigung der Pandemieeffekte). Von den gesamten Flugkilometern am BER entfallen ca. 5 % auf den innerdeutschen Luftverkehr (Hirschl et al. 2022).

Ziel der Maßnahme: Für Maßnahmen zur Verlagerung und Vermeidung des internationalen Luftverkehrs sind überwiegend die EU und der Bund zuständig. Allerdings sollte das Land als Gesellschafter der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB) Einfluss auf eine nachhaltige Ausrichtung des BER nehmen.

Im innerdeutschen und europäischen Luftverkehr braucht es eine deutliche Reduktion der Flüge. Die verbleibenden THG-Emissionen des internationalen Luftverkehrs sollten vorrangig durch den Einsatz nicht fossiler Kraftstoffe reduziert werden. Es verbleiben jedoch Nicht-CO₂-Effekte, welche sich negativ auf das Klima auswirken, wie die Emissionen von Stickoxiden, Rußpartikeln und Wasserdampf. Aufgrund der Nicht-CO₂-Effekte kann der Luftverkehr nach derzeitigem Wissensstand bis 2045 nicht vollständig klimaneutral gestaltet werden. Dies muss durch andere Sektoren kompensiert werden.

Biokraftstoffe können aufgrund der knappen Verfügbarkeit von Biomasse lediglich eine Übergangslösung bilden (BMVI 2021d). Mittelfristig sollten vorrangig strombasierte Kraftstoffe zum Einsatz kommen. Die Produktionskapazitäten dieser Kraftstoffe müssen zügig hochgefahren werden. Die Zielwerte für die Vertankungsquoten von alternativen Kraftstoffen liegen bei 2 % für das Jahr 2030 und 25 % für das Jahr 2040. Bereits im Jahr 2045 soll die eingesetzte Energie im Flugverkehr zu 100 % durch alternative Kraftstoffe gedeckt werden (Wünsch et al. 2021). Da die Steigerung der Vertankungsquote zwischen den Zieljahren 2040 und 2045 sehr ambitioniert erscheint, sollte bereits für das Jahr 2030 die Quote von 2 % übererfüllt werden. Allerdings ist die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen sehr energieaufwändig – wodurch viel Fläche verbraucht wird – und auf absehbare Zeit auch teuer.²⁴⁹ Der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen muss deshalb begleitet werden von einer Reduktion des Kraftstoffeinsatzes etwa durch Effizienzsteigerung und Reduktion von Flügen.

Für einen nachhaltigen und klimaneutralen Verkehrssektor im Land Brandenburg ist auch der effiziente Einsatz der knappen finanziellen Ressourcen wichtig. Die FBB ist aufgrund der ausgefertigten Baukosten des Flughafens (ca. 6,8 Mrd. €) derzeit mit ca. 5 Mrd. Euro verschuldet. Aufgrund des Schuldendienstes und den Auswirkungen der Corona-Pandemie muss die Flughafen-gesellschaft durch ihre Gesellschafter finanziell unterstützt werden. Im Jahr 2021 hat das Land ca. 250 Mio. € zur Unterstützung des BER gezahlt (Land Brandenburg 2021). Das Land Brandenburg plant für die Jahre 2022 und 2023 mit 436 Mio. € zur Unterstützung der FBB. Im Vergleich zur erbrachten Verkehrsleistung und in Anbetracht der negativen Klimawirkung erscheinen die Kosten unverhältnismäßig hoch. Das Land sollte entsprechend mittel- und langfristig seine Ambitionen im teuren Flugverkehr reduzieren.

Inhalte der Maßnahme:

1. **Hochlauf Sustainable Aviation Fuels (SAF):** Im Land Brandenburg laufen Pilot-Projekte zur Herstellung alternativer Kraftstoffe für Flugzeuge (BMVI 2021d). Das Land muss den Fortschritt in den Projekten beobachten. Wenn sich abzeichnet, dass die Fortschritte nicht ausreichen, um die Vorgaben der RED-Richtlinien zur Vertankung von SAF zu erfüllen, muss das Land eine unterstützende Rolle einnehmen und die Stakeholder aktivieren. Neue SAF-Produktionsstandorte können durch die Ausweisung von Flächen und die zügige Bearbeitung von Genehmigungsverfahren unterstützt werden. Hierzu braucht es entsprechend Personal in den zuständigen Behörden.
2. **Reduktion der Flugbewegungen:** Überprüfung von Maßnahmen zur Reduktion und Begrenzung der Flugbewegungen. Die Ausweitung des Nachtflugverbotes sollte geprüft werden, insbesondere die (Rück-)Verlagerung von Postflügen auf die Schiene.
3. **Flughafengebühren:** Start- und Landeentgelte sollen neben der Abhängigkeit vom Lärm auch in Abhängigkeit von den THG-Emissionen gestaltet werden. Generell sollten die Flughafenentgelte einen kostendeckenden Betrieb des Flughafens ermöglichen.
4. **Bundesinitiative Subventionsabbau:** Der Flugverkehr wird in verschiedenen Bereichen auf EU- und Bundesebene finanziell stark subventioniert (Kerosinsteuer, Mehrwertsteuer, Airlines, Flugzeughersteller, Flugsicherung). Das Land Brandenburg muss sich für eine Abschaffung der Subventionen einsetzen.
5. **THG-Bilanzierung:** Das Klimaschutzmanagement des FBB sollte, in Absprache mit den entsprechenden Regulierungsinstitutionen, die Emissionen der gesamten Flugstrecke der am BER startenden und landenden Flugzeuge betrachten und stricte Grenzwerte festlegen.

²⁴⁹ Das Bundesumweltministerium (BMU) gibt den Stromverbrauch für die in Deutschland verbrauchte Kerosinmenge des Jahres 2019 (10,2 Mio. t), wenn dieses strombasiert synthetisch hergestellt würde, mit 270 Mio. TWh an, was in etwa dem gesamten in Deutschland produzierten Ökostrom entspricht (Deutscher Bundestag 2020). Die oben für den BER angegebene Kerosinmenge entspricht in etwa einem Anteil von 2,6 %. Damit würde für die Produktion von synthetischem Kerosin anteilig in etwa 7 TWh Strom benötigt – und somit mehr als ein Drittel des heutigen Stromverbrauchs in Brandenburg (rd. 19 TWh). Mit Blick auf die Klimawirkung des Luftverkehrs verweist das BMU zudem darauf, dass es neben den direkt wirkenden Treibhausgasen weitere, sog. Nicht-CO₂-Klimaeffekte gibt, die erhebliche Klimarelevanz aufweisen, die jedoch derzeit noch nicht genau beziffert werden können. „Hierbei handelt es sich vor allem um den Ausstoß von Partikeln, Wasserdampf, Schwefel- und Stickoxiden, die in Reiseflughöhe auf die Bildung von Aerosolen und Wolken sowie auf die Konzentrationen einiger atmosphärischer Gase Einfluss nehmen und so ebenfalls zur Änderung des Strahlungshaushaltes beitragen“ (ebda., S. 95).

Zudem muss das Land die Nicht-CO₂-Effekte des Flugverkehrs bilanzieren. Die Effekte werden bisher nicht bilanziert und sollten in Festlegung der Grenzwerte für den BER mit einfließen.

6. **Nachhaltigkeitsstrategie:** Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie mit einer klaren Ausrichtung auf Klimaschutz und Kostendeckung, welche neben der Entwicklung des Flugverkehrs einen mindestens gleichbedeutenden Platz in der strategischen Ausrichtung der Flughafengesellschaft einnehmen müssen. Im Rahmen der Strategie sollte festgehalten werden, dass das Klimaschutzmanagement konkrete Maßnahmen zur Emissionsreduktion festlegt und regelmäßig überprüft.
7. **Zubringerverkehr:** Um nationale Zubringerflüge auf die Schiene zu verlagern, sollte das schienengebundene Fernverkehrsangebot am BER verbessert werden.
8. **Öffentlichkeitsarbeit:** Das Land führt in Zusammenarbeit mit der Tourismusbranche eine Kampagne mit dem Ziel Öffentlichkeitsarbeit durch. Regionaler Tourismus und die Bahn als Alternative zum Flugverkehr sollten beworben werden. Die Tourismus-Marketing Brandenburg GmbH sollte gestärkt werden um das Land als attraktive Alternative zu Fernzielen zu vermarkten.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Konzepte/Studien/Leitfäden, Rechtssetzung, Öffentlichkeitsarbeit, Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Information/Beratung/Vernetzung, Planung/Planungsverfahren, Ökonomische Instrumente

Rechtsrahmen: Erneuerbare Energien Richtlinie RED I 2009/2015 und RED II 2018, Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (Ministerium für Wirtschaft Arbeit und Energie), Flughafen Berlin Brandenburg GmbH

Mitwirkungsbedarf: Mineralölwirtschaft, Bahnunternehmen, Bund, Landestourismusverband Brandenburg, Tourismus-Marketing Brandenburg GmbH

Fristigkeit

Umsetzung: Innerhalb der aktuellen Legislaturperiode (2019 – 2024)

Laufzeit: Langfristig

Zielgruppen

Mineralölwirtschaft, Airlines, Flugpassagiere

THG-Minderung

Durch eine Nachfragesteigerung im Luftverkehr wird trotz der im Maßnahmenpaket adressierten Vermeidungsmaßnahmen ein Anstieg der THG-Emissionen von etwa 626 Mio. kg CO_{2e} gegenüber 2020 angenommen. Bei einer Vertankungsquote von 2 % PtL-Kerosin im Jahr 2030 ergibt sich ein Minderungspotenzial von etwa 17 Mio. kg CO_{2e}.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung durch Reduktion von Flügen und Antriebswende im Flugverkehr

Indirekter Nutzen: Immissionsschutz, kosteneffizientere Verkehrsinfrastruktur, regionaler Tourismus

Aufwand

Direkter Aufwand: Für die Förderung von Pilot-Projekten im Bereich SAF sollten ca. 1,5 Mio. € vorgehalten werden. Falls das Monitoring zum Hochlauf von SAF eine positive Entwicklung feststellt, kann das Geld in andere Maßnahmen für einen nachhaltigen Flugverkehr fließen. Zur Beschleunigung von Genehmigungsverfahren im Bereich SAF müssen Kosten für weiteres Personal veranschlagt werden. Durch die Anpassung der Flughafengebühren sollten sich mittelfristig Mehreinnahmen ergeben. Für die Ausweitung der Öffentlichkeitsarbeit zu lokalem Tourismus und alternativen zum Flugverkehr können 200.000 € p. a. veranschlagt werden. Durch die Reduktion der Ambitionen des Landes im Flugverkehr lassen sich zukünftige Mehrausgaben in Millionenhöhe einsparen.

Indirekter Aufwand: Verlagerung der politischen Ambitionen (Prestige) im Flugverkehr auf nachhaltige Verkehrsträger

4.6 Handlungsfeld 5: Landwirtschaft und Ernährung

Das Handlungsfeld Landwirtschaft und Ernährung entspricht im Weiteren dem Sektor Landwirtschaft, nimmt jedoch zur Strategie- und Maßnahmenbildung neben der Produktionsseite auch den Einfluss der Ernährungsweise auf die THG-Reduktion verstärkt in den Blick.

4.6.1 Strategieempfehlungen

Eine Landesstrategie für den landwirtschaftlichen Klimaschutz muss im Kontext einer zu entwickelnden langfristigen Zukunftsvision für die Landwirtschaft und das Ernährungssystem stehen, welche die Bedürfnisse der Erzeugenden und Verbraucherinnen und Verbrauchern, der Umwelt und kommender Generationen im Blick hat. So zeigt auch die Zukunftskommission Landwirtschaft (2021) auf, dass es einer grundlegenden und ganzheitlichen Neuausrichtung der Landwirtschaft und der Wahrnehmung ihrer gesamtgesellschaftlichen Leistungen bedarf. Natürliche und energieaufwendige Ressourcen müssen dabei sparsam eingesetzt und regenerativ bewirtschaftet werden, um auch zukünftig eine nachhaltige Landnutzung zur Ernährung der Gesellschaft und eine zunehmende Substitution von erdölbasierten Produkten zu gewährleisten. Grundlegend sind dabei die Ernährungssicherheit und der Zugang zu gesunden Lebensmitteln für alle, sowie die langfristige Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit der Landwirtschaftsbetriebe, jedoch nicht zu Lasten der ökologischen Systeme als essenzielle Basis für eine langfristige Nutzung und Aufrechterhaltung ihrer Funktionen. Es bedarf dringend einer weitsichtigen Bundes- und Landesförderung für die Umstellung, Risikominderung und Honorierung von Leistungen und Schutz der natürlichen Systeme, die im Sinne der Gesellschaft sind. Dies ist grundlegend, damit in dem zeitlich begrenzten Rahmen die Fortschritte auf diesem neuen Weg erreicht werden, welche die Dringlichkeit des Klimaschutzes und auch -anpassung, des Biodiversitätsverlusts und der ökologischen Erfordernisse, ergo der Grundlage der landwirtschaftlichen Erzeugung, erfordern. Dafür bedarf es zur Umsetzung der Maßnahmen in den Handlungsfeldern „Landwirtschaft und Ernährung“ und „Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung“ dringend einer **sozio-ökonomischen Folgenabschätzung**, welche die Kosten sowie auch die sozialen Auswirkungen begutachtet. Eine Angabe der Kosten erfolgt aus diesem Grund bei den Maßnahmen in den beiden Handlungsfeldern im Rahmen dieses Gutachtens nicht.

Die Strategie und damit verbundenen Maßnahmen im Handlungsfeld Landwirtschaft und Ernährung basieren auf Zielen, die vielfach auch Synergien und Überschneidungen mit anderen gesellschaftlichen Zielen aufweisen, bspw. Umwelt- und Naturschutz, Gesundheit, Tierwohl und Steigerung der Souveränität in globalen Wirtschaftssystemen. Diese sind auf Bundesebene u. a. im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz und der Strategie Naturschutz und biologische Vielfalt verankert sowie in den bislang für Brandenburg noch nicht konkretisierten Strategien zu Eiweißpflanzen, Nutztieren und Grünland.

Im Mittelpunkt steht das Ziel der **Schließung der Stoffkreisläufe**, insbesondere durch eine ausgeglichene Humusbilanz auf den sandigen Böden Brandenburgs, durch den Anbau mehrjähriger humusfördernder Kulturen sowie durch eine Reduktion der Verwendung von humuszehrenden Ackerhauptfuttermitteln (z. B. Silomais, Futterrüben) und des Einsatzes von Mineraldünger. Die Schließung von Stoffkreisläufen bedeutet dabei auch eine Reduktion von leakage-Effekten im In- und Ausland durch die Verringerung von Importen von Eiweißfuttermitteln (z. B. Soja) und mit hohem Energieaufwand hergestellten Mineraldünger. Das Thema Humusaufbau ist nicht nur im Bezug zum Klimaschutz und zur Aufrechterhaltung einer nachhaltigen, landwirtschaftlichen Bewirtschaftung relevant, sondern beinhaltet Synergien zu vielen weiteren Umwelt-, Naturschutz-, Klimaanpassungs- und Nachhaltigkeitszielen.

Auf der Bundesebene nennt die Ackerbaustrategie 2035 (BMEL 2021) u. a. das Ziel, einen stabilen, standortgerechten Humusgehalt auf Ackerböden durch Zufuhr und Einarbeitung von organischen Reststoffen zu erhalten und sicherzustellen. Bis 2030 ist ein Humusgleichgewicht aller Ackerböden anzustreben. Als Maßnahmen sind hierzu neue alternative ackerbauliche Produktionsverfahren im Rahmen des Integrierten Pflanzenbaus zu erproben und umzusetzen mit den Schwerpunkten Bodenbearbeitung, erweiterte Fruchtfolgen, optimierte Düngung, reduzierter chemischer und vermehrter mechanischer und biologischer Pflanzenschutz sowie dem notwendigen Strukturanteil für Nützlinge. Weiterhin ist eine ganzjährige Bodenbedeckung zu fördern, z. B. durch mehrjährige Kulturen, Zwischenfruchtanbau, Untersaaten, Rückführung und Einarbeitung von Ernte- und Zwischenfruchtrückständen. Als weiteres Ziel soll die Düngeneffizienz erhöht und Nährstoffüberschüsse verringert werden, insbesondere durch eine Steigerung der Effizienz des Einsatzes organischer Düngemittel. Auch das Bundesprogramm Nährstoffmanagement soll erstellt werden und durch konkrete Förderprogramme umgesetzt werden. Die Maßnahmenvorschläge hierfür decken sich weiterstehend mit den Maßnahmen zur Düngeneffizienz im Hinblick auf Klimaschutz.

Auch die Nachhaltigkeitsstrategie Brandenburg (2014, 2019) formuliert entsprechend zum Nachhaltigkeitsziel (2) das Ziel, die Land- und Forstwirtschaft unter Beachtung der erhöhten Anforderungen aus Umwelt-, Klima- und Tierschutz wettbewerbsfähig zu erhalten. Hierunter wird als Indikator zur Zielerreichung auch die Reduktion der THG-Emissionen genannt. Als weiteres Ziel (15) soll die Wasserqualität durch die Verringerung der Nähr- und Schadstoffeinträge in Oberflächengewässer verbessert werden. Hierzu sollen unter anderem die biologische und ökologisch ausgerichtete Landwirtschaft unterstützt werden und Regelungen, rechtliche Rahmenbedingungen und Finanzierungsinstrumente zur Entstehung und Verbringung von Wirtschaftsdünger sowie zur verringerten Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmittel optimiert werden. Als weitere Maßnahme wird eine Überarbeitung der Biomassestrategie (2010) verlangt, wobei die Ernährungssicherheit vorrangig gegenüber stofflicher und zuletzt energetischer Nutzung der Biomasse sowie eine nachhaltige, energieeffiziente Biomassenutzung bei Beachtung der ökologischen Tragfähigkeit der Landschaft gewährleistet sein soll. Auch die Broschüre Nachhaltige Bioökonomie des Landes Brandenburg (Rupp et al. 2020) nimmt viele Impulse und Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie auf und stellt die nachhaltigen Kreisläufe und regionalen Wertschöpfungsketten in den Vordergrund.

Der Entwurf der Brandenburger Klimaanpassungsstrategie sieht im Bereich Landwirtschaft u. a. ebenfalls Maßnahmen zur Humusförderung (AP 05), zur Anlage von Landschaftsstrukturen für das Kleinklima und gegen Erosion (AP 07) und zur Förderung der Düngeneffizienz (AP 08) vor.

Neben der Schließung der Stoffkreisläufe als Grundlage einer nachhaltigen Landnutzung ist es Ziel, die **betriebswirtschaftliche Sicherheit der Landwirtinnen und Landwirten zu gewährleisten**. Hierzu tragen eine Einkommensdiversifizierung und multifunktionelle Flächennutzungen bei. Ersteres kann bspw. durch weitere, klimaangepassten und stickstoffbindende Kulturpflanzen oder Agroforstsystem erfolgen. Für die regionale Veredelung und Inwertsetzung der Produkte bedarf es teils neuer Wertschöpfungsketten. Ein weiterer Vorteil multifunktionaler Flächennutzung durch Agri-PV liegt in einer Erhöhung der (Eigen-)stromversorgung, sofern die Rahmenbedingungen dafür gesetzt werden. Der Bereich Paludikultur zur Bewirtschaftung nasser Standorte wird im Handlungsfeld Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenleistung im Zusammenhang mit der Wiedervernässung der Niedermoore behandelt, ist jedoch auch im Zusammenhang mit dem hier genannten Ziel zu sehen.

Zum Ziel der **regionalen Inwertsetzung** von landwirtschaftlich erzeugten Produkten bestehen Anknüpfungspunkte an den Ökoaktionsplan für Brandenburg (2021), die Biomassestrategie und Ernährungsstrategie. Der Ökoaktionsplan beinhaltet in dessen Handlungsfeld 1 eine Maßnahme

zur Inkraftsetzung einer Förderrichtlinie für klimaschonende Wertschöpfungsketten. Durch den Aufbau und die Etablierung von regionalen, klima- und umweltschonenden Wertschöpfungsketten soll damit explizit ein Beitrag zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel geleistet werden. Weiter Synergien erfolgen durch die praxisnahe Berufsbildung und Beratung zu nachhaltigen Anbaumethoden, Inwertsetzung von ökologisch erzeugten Lebensmitteln und Steigerung dieser in der Gemeinschafts- und Außer-Haus-Verpflegung.

Das Ziel **der Stärkung der gesundheitsförderlichen, pflanzenbasierten Eigenversorgung** in Brandenburg steht in Verbindung mit einem **trendfolgenden Rückgang der Nutztierhaltung, der sich auch aus den Zielen für mehr Tierwohl ergibt**. In gleichem Maße ist dafür eine **gesamtgesellschaftliche Umstellung der Ernährungsweisen**, angelehnt an die Empfehlungen der Planetary Health Diet, d. h. einem stärkeren Fokus auf pflanzenbasierter Ernährung und entsprechender Reduktion des Konsums tierischer Produkte, fundamental. Auch die **Vermeidung der Lebensmittelverschwendung** vom Acker bis zum Konsumierenden beinhaltet ein großes Potenzial zur Erhöhung der Eigenversorgung und reduziertem Ressourcenverbrauch in der gesamten Produktionskette. Im Sektor Landwirtschaft führt dies zur Reduktion von Emissionen u. a. im Acker- und Gartenbau, der Tierhaltung und der Lagerung. Zu diesem gesellschaftlich zu tragenden Wandel bedarf es eines großen politischen Willens. In diesem Sinne sollen auch die Maßnahmen der Ernährungsstrategie Brandenburg einen wichtigen Beitrag leisten. Im Handlungsfeld 1 „Lebensmittel vom Acker auf den Tisch – nachhaltig-regional-gesund-vielfältig-fair“ wurden in einem Beteiligungsprozess die Maßnahmen zur gesundheitsförderlichen Ernährung, durch den reduzierten Konsum tierischer und Unterstützung pflanzlicher Produkte, sowie die Reduktion der Lebensmittelverschwendung und das True-Cost-Accounting zur Abbildung der tatsächlichen, ressourcenverbrauchenden Kosten als prioritär eingestuft. Auch der Masterplan Ernährungswirtschaft (WFBB 2022b) des entsprechenden Clusters setzt das Thema Nachhaltigkeit und nachhaltige Wertschöpfungs-systeme in den Mittelpunkt. Die drei weiteren Handlungsfelder „Tierische Lebensmittel nachhaltig produziert“, „Lebensmitteltrends und Technologien“ - insbesondere für heimische Futtermittel und alternative Proteinquellen für die gesundheitsförderliche Ernährung - sowie „Klimaangepasste Produktion vom Feld bis auf den Teller“ nehmen ähnliche Ziele für die Vision einer nachhaltigeren Ernährungs- und Landwirtschaftstransformation in den Fokus, mit Hervorhebung der Chancen durch Innovationen.

Die damit verbundene Abnahme der Tierbestände (insbesondere der übrigen Rinder) ergibt sich, neben Klimaschutz- und Tierwohlgründen, auch aus der **Begrenztheit der landwirtschaftlichen Flächen und dem zunehmenden Flächenbedarf** nicht nur für Klimaschutzziele aus den anderen Handlungsfeldern. Als Beispiele sind hier der starke Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Erhalt und Aufbau natürlicher Senken hervorzuheben. Zur Einordnung betrug der Anteil von Silomais als Hauptfutter 2022 12 % (95.767 ha) der Ackerfläche²⁵⁰. Zuzüglich weiterer Ackerfuttermittel (z. B. Ackergras, Futterrüben und Klee/-grasgemische) beträgt der Anteil der Futterflächen ohne Dauergrünland 20 % (158.450 ha). Um leakage-Effekte durch Importe zu vermeiden, müssen die Eigenfutterquoten bei reduzierten Tierbeständen (insbes. Rindern), durch Erhöhung von Raufuttermitteln vorzugsweise durch extensive Beweidung, gesteigert werden. Dies beinhaltet gleichzeitig Synergien mit Zielen zur Tiergesundheit, Biodiversitätserhalt und Naturschutz.

²⁵⁰ Ohne Dauergrünland, Dauerkulturen, Greening und sonstiger Flächen inkl. Stilllegungen.

Diese Umstellungen bedeuten zugleich eine **Stärkung der regenerativen Landwirtschaft** mit Fokus auf Ertragssteigerungen und befördern die Umstellung der ressourcenintensiven konventionellen Landwirtschaft zur nachhaltigeren und ökologischen Landwirtschaft.

Zur Erreichung dieser Ziele bedarf es einer verstärkten Integration der Themen Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft in die **landwirtschaftliche Ausbildung** sowie der **einzelbetrieblichen Beratung und Unterstützung** für die langfristige Umstellung der Betriebsstrukturen der Landwirtinnen und Landwirte, einer Unterstützung beim **Aufbau von neuen Wertschöpfungsketten** sowie der **Sensibilisierung der Konsumierenden für eine klimaschonende Ernährungsweise** und **Wertschätzung der gesellschaftlichen Leistungen der Landwirtinnen und Landwirte** durch Förderungen für den Klimaschutz.

Die maßgeblichen Handlungsschwerpunkte zur Erreichung dieser Ziele leiten sich aus den entsprechenden Emissionsanteilen ab (vgl. Abschnitt 2.8.1 im Zwischenbericht) und betreffen:

- die Reduktion der tierbezogenen Emissionen, insbesondere der Rinderhaltung, durch klimaangepasste Produktion (Technik und Produktionsveränderung) und verringertem, klimaangepasstem Konsum tierischer Produkte,
- die Steigerung der Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft v. a. beim Düngermanagement und -ausbringung,
- die standortgemäße und klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung,
- sowie die Steigerung der Energieeffizienz und -einsparung in der stationären und mobilen Feuerung.

Als weiterer Handlungsschwerpunkt wird die landwirtschaftliche Energieerzeugung adressiert, bei der nur der Anteil der Energiepflanzen- und Wirtschaftsdüngervergärung durch den Anbau, die Lagerung und Ausbringung der Gärreste in den Emissionen des Landwirtschaftssektors beinhaltet sind. Dazu kommt der Ausbau der Agri-PV, der nicht bilanziell in den Landwirtschafts-Szenarien, jedoch maßnahmensseitig künftig als wirtschaftliche, einkommensdiversifizierende Unterstützung der Landwirtschaftsbetriebe beitragen könnte.

Grundsätzlich ist bei den meisten hier formulierten Handlungsempfehlungen und Maßnahmen die tatsächliche Steuerungsmöglichkeit des Landes Brandenburg begrenzt. Der Sektor Landwirtschaft unterliegt über den Förderrahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) einem für die Landwirtschaftsbetriebe unmittelbaren und dominanten Einfluss auf Art und Umfang landwirtschaftlicher Produktion. Die Ausgestaltung der ab dem kommenden Jahr beginnenden neuen Förderperiode (2023 – 2027) bleibt deutlich hinter den Erfordernissen aus Klimaschutzsicht zurück (Scheffler et al. 2022; Grethe et al. 2021) (siehe auch Abschnitt 3.7.2 Restriktionen). Auch die grundsätzliche Notifizierungserfordernis schränkt die Handlungsmöglichkeiten der Landesverwaltung Brandenburg ein, trotzdem werden jedoch im Rahmen der oben genannten Landesstrategien bereits teilweise Landesförderungen aufgelegt und umgesetzt. Beispiele des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) des Landes Brandenburg hierfür sind:

- Richtlinie zur Förderung der Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen Beratungsdienstleistungen
- Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für die Förderung von Netzwerken, Kooperationen und regionaler Wertschöpfungsketten“
- Richtlinie zur Förderung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen zur Verbesserung des Klimaschutzes und der Wasserqualität auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

- Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für einzelbetriebliche Investitionen in landwirtschaftlichen Unternehmen im Land Brandenburg und Berlin
- Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung klimaschonender Wertschöpfungsketten
- Richtlinie zur Förderung naturbetonter Strukturelemente im Ackerbau
- Richtlinie zur Förderung von Projekten im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ in den Ländern Brandenburg und Berlin

In diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben sollen die Entwicklungen auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen im Land Brandenburg. So setzt die Forderung nach geschlossenen, regionalen Erzeugungsketten (geschlossene Stoffkreisläufe) in der Landwirtschaft eine regionale Verfügbarkeit von bzw. den Zugang zu Landwirtschaftsflächen voraus. In diesem Zusammenhang liegt seitens der Landesregierung der Entwurf für ein Brandenburger Agrarstrukturgesetz vor, welches regional ansässige Landwirtinnen und Landwirten und auch Junglandwirtinnen und Junglandwirten den Zugang zu landwirtschaftlichen Nutzflächen erleichtern soll.

Weitere Steuerungsmöglichkeiten für das Land Brandenburg und seiner Kommunen besteht darüber hinaus im Bereich der Ausgestaltung der öffentlichen oder öffentlich geförderten Außer-Haus- und Gemeinschaftsverpflegung. Eine konsequente Ausgestaltung der Empfehlungen der Planetary Health Diet in Kantinen, auch und insbesondere in Schulen und Kitas, kann direkt und indirekt Auswirkungen auf eine klimaoptimierte Ernährung haben. Konkretere Maßnahmenausgestaltungen zu diesem wichtigen Thema finden sich in der Ernährungsstrategie (in Erarbeitung). Als Beispiel kann in diesem Zusammenhang auch auf den aktuellen Beschluss der Stadt Freiburg verwiesen werden, nach dem ab dem Jahr 2023 in öffentlichen Kitas und Grundschulen nur noch vegetarisches Essen angeboten werden soll.

4.6.2 Maßnahmenempfehlungen

Die Maßnahmenvorschläge basieren auf den im Strategieteil dargestellten Handlungsschwerpunkten aus dem Kabinettsbeschluss 359/21 (November 2021) und beziehen Vorschläge und Rückmeldungen aus den Beteiligungsverfahren ein. Das Maßnahmenpaket beinhaltet bilanzierbare Maßnahmen (1 – 7), die den Subsektoren der Berichterstattung zugeordnet werden können. Darüber hinaus unterstützen die Maßnahmen 8 – 11 die Strategieziele durch strukturelle Förderung und die Umsetzung sektor- und themenübergreifender Konzepte.

Die wesentlichen Maßnahmen (1 – 3) bedienen, wie bereits im Abschnitt 3.7 Szenarien dargestellt, die beiden größten Hebel zur Reduktion der THG in der Landwirtschaft in den Bereichen Düngewirtschaft im Ackerbau und Tierhaltung sowie dem damit verbundenen Konsum und der Ernährungsweise. Insbesondere Maßnahme 1 und 3 haben im Beteiligungsworkshop große Zustimmung hinsichtlich des Beitrags zum Klimaschutz und der gesellschaftlichen Umsetzbarkeit erhalten. Maßnahme 2 ist in Zusammenhang mit der Reduktion der THG aus der Tierhaltung verbunden. Viele Teilaspekte davon finden sich im Entwurf der Ernährungsstrategie Brandenburg wieder und werden dort ausführlicher beschrieben, so dass hier Synergien bei der Umsetzung geschaffen werden können. Weitere wichtige Themen, die im Rahmen des Maßnahmenworkshops diskutiert wurden, wie beispielsweise die Stärkung der Themen Klimaschutz und -anpassung in der landwirtschaftlichen Ausbildung und die Vermeidung von Lebensmittelverschwendung wurden aufgenommen.

Auch im Rahmen der Online-Beteiligung sind Vorschläge für das Handlungsfeld Landwirtschaft und Ernährung von über 100 Personen eingegangen. Sehr häufig spiegeln diese das Thema Reduzierung von Fleisch und tierischen Produkten und Förderung alternativer eiweißhaltiger Nahrungsmittel wider. Auch das Umbruchverbot von Dauergrünland und weitere Maßnahmen zur Humusanreicherung auf landwirtschaftlichen Böden, z. B. im Zusammenhang mit der Förderung der Produktion von Pflanzenkohle und Terra Preta, als auch der Speicherung von Oberflächenabfluss wurde öfters genannt. Auch Agroforstwirtschaft mit einer Förderung von (Obst-)Gehölzen und Hecken in der Landschaft sowie Maßnahmen zur Stärkung des Ökolandbaus und einer Reduktion oder Verbots der Tierhaltung in Großbetrieben wurden vorgeschlagen. Weiterhin wurde Agri-PV und Moor-PV befürwortet bei gleichzeitiger Forderung einer Priorisierung von PV-Anlagen auf Dächern vor der Nutzung landwirtschaftlicher Fläche (Freiflächen-PV). Im Zusammenhang mit Energie wurde auch die Reduktion des Energieeinsatzes und ein Verbot des Energiepflanzenanbaus genannt. Genannte Maßnahmen zum Moorschutz werden im Handlungsfelds Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenleistung berücksichtigt. Diese Vorschläge finden sich im Maßnahmen-set größtenteils wieder oder wurden so sinnvoll ergänzt.

Die Maßnahmen sind bewusst breit formuliert und umfassen alle möglichen Einsparungsmöglichkeiten. Dabei sind die **technischen** Einsparungen und Effizienzsteigerungen gering. Oftmals ist dabei zudem das einzelbetriebliche Management ausschlaggebend, Maßnahmen auf dieser Ebene sind dabei über breit angesetzte und pauschale Vorgaben schwer umsetzbar und bedürfen der einzelbetrieblichen individuellen Beratung zu Klimabilanzen und Stoffkreisläufen. Die wesentlichen Maßnahmen durch Reduktionen in der Tierhaltung und im Konsum tierischer Produkte, sowie der Flächenumnutzungen durch nachhaltige Anbaumethoden, Erhöhung von Landschafts- und Agrargehölzen sowie der Umwandlung zu Grünland oder der Etablierung von Agri-PV bedeuten Umstellungen mit Fokus auf Ökologie, Klima und multifunktionelle Flächennutzungen, die durch weitsichtige Förderungen und langfristige Unterstützung getragen werden müssen.

Tabelle 72: Übersicht über Handlungsschwerpunkte und zugeordneten Maßnahmen im Handlungsfeld Landwirtschaft und Ernährung

Quelle: Eigene Darstellung.

Nr.	Handlungsschwerpunkte	HS1	HS2	HS3	HS4	HS5	HS6
HS1	<i>Klimaangepasste Produktion tierischer Produkte</i>						
HS2	<i>Klimaangepasster Konsum tierischer Produkte</i>						
HS3	<i>Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft</i>						
HS4	<i>Standortgemäße, klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung</i>						
HS5	<i>Energieeffizienz in der Landwirtschaft</i>						
HS6	<i>Landwirtschaftliche Energieerzeugung</i>						
Nr.	Beschreibung						
5-1	Reduktion der Methan- und Lachgasemissionen in der Tierhaltung	X		X			
5-2	Reduktion des Konsums tierischer und Stärkung pflanzlicher Produkte		X				
5-3	Reduktion von Lachgasemissionen und Steigerung der Stickstoffeffizienz			X	X		

5-4	Reduktion der Lachgasemissionen bei ackerbaulicher Bodennutzung durch Mineralisierung			X	X		
5-5	Erhöhung der Flächenumwandlung von Acker- zu Grünland sowie Erhalt und Umbruchverbot von Dauergrünland				X		
5-6	Erhöhung des Anteils von gehölzartigen Strukturelementen (Feldgehölze, Hecken, Knicks, Baumreihen) und Agroforstsystemen sowie Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen				X		
5-7	Reduktion des Energieeinsatzes in der Landwirtschaft					X	X
5-8	Stärkung des Ökolandbaus und einer klimaschonenden Landwirtschaft			X	X		
5-9	Aufbau überbetrieblicher Konzepte zur Nutzung von Wirtschaftsdünger und landwirtschaftlicher Reststoffe	X		X	X	X	X
5-10	Steuerung und Förderung landwirtschaftlicher Energieerzeugung						X
5-11	Verankerung der Themen Klimaschutz und Ernährung in der landwirtschaftlichen und pädagogischen Berufsausbildung	X	X	X	X	X	X

4.6.2.1 HF 5-1: Reduktion der Methan- und Lachgasemissionen in der Tierhaltung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Reduktion des THG-Anteils von derzeit (2020) 45 % (Methan und Lachgas) aus der Tierhaltung (Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management) bei gleichzeitiger Reduktion des Konsums (vgl. Maßnahme [HF 5-2](#)) und Exports tierischer Produkte zur Erhöhung des Selbstversorgungsgrads. Unter dem Ziel der Schließung regionaler Stoffkreisläufe und der weiteren Reduktion des Konsums tierischer Produkte sowie der Steigerung des Tierwohls bedeutet dies eine Reduktion der Tierzahlen und THG-Emissionen aus der Tierhaltung. Das Reduktionspotenzial für Lachgas und Methan durch Effizienz und Technik im Bereich der Tierhaltung ergibt sich einerseits aus Maßnahmen durch Anpassung der Futtermittel und bedarfsgerechten Fütterung nach Leistungsklassen sowie der Haltung und Tiergesundheit. Darüber hinaus gibt es Effizienzsteigerungspotenziale beim Wirtschaftsdüngermanagement im Stall und der gasdichten Lagerung.

Inhalt der Maßnahme

Schaffung eines rechtlichen Rahmens zur Reduktion der THG-Emissionen in der Tierhaltung durch technische und effizienzsteigernde Maßnahmen

a. Reduktion der Emissionen aus der tierischen Verdauung durch Anpassung der Fütterung

- durch bedarfsangepasste und stickstoffreduzierte Fütterung nach Leistungsklassen (Mehrphasenfütterung)
- Optimierung von Nutzungsdauer und Leistungspotenzial mit Fokus auf ganzheitliche Tiergesundheit
- durch Berücksichtigung von Futtermittelanalysen und Optimierung der Aminosäurezusammensetzung der Futtermittel, ggf. durch Beimischung von essenziellen Aminosäuren
- durch stärkere Bündelung, Einbindung und Wissenstransfer von nationalen F&E-Projekten zur stickstoffoptimierten Fütterung zum Aufbau der Expertise
- durch Erhöhung der Raufutteranteile nach Leistungsklassen (wo möglich mit Weidehaltung) und durch Pflanzenzucht
- durch Einsparung Eiweißfuttermittel, insbes. aus Importen, und ökologisch tragbare Erhöhung heimischer, regionaler Eiweißfuttermittel, z. B. durch bessere Ausnutzung der Rückstände/Nebenprodukte aus der Ölsaaten- und Ethanolproduktion für Futtermittel (Raps-/Sonnenblumenschrot/Raps-/Sonnenblumenkuchen) unter Berücksichtigung der Tiergesundheit
- durch Erhöhung der Eigenfutterquoten auf mind. 80 %, davon 20 % Eiweißfuttermittel (auch aus regionalen Betriebskooperationen) (Flächenbindung)
- Förderung F&E und Erfahrungsaustausch zu Futterzusatzstoffen zur Methanreduktion im Hinblick auf Tiergesundheit

b. Reduktion von Emissionen durch technische Maßnahmen im Stall und Lagerung

- durch Stallumbau z. B. durch Abluftreinigung, Entmistungsverfahren, Harn/Kot Trennung
- durch gasdichten Abdeckung Wirtschaftsdüngerlager (Bestand) und Verpflichtung bei allen Neuanlagen
- Entwicklungs-, Erprobungs- und Einführungsarbeiten zur gasdichten Abdeckung von Wirtschaftsdüngerlagern

c. Beiträge und Beratung/Ausbildung

- Beitrag zur nationalen und landesweiten Erhöhung des Eiweißfuttermittelbaus bei gleichzeitiger Begrenzung des Eiweißfuttermittelimports (nur aus nachhaltiger und klimaschonender Herstellung) und Reduktion Eiweißfuttermittelausatz; Informationen werden auch über das „Forum nachhaltigere Eiweißfuttermittel“ bereitgestellt
- Initiierung einer Eiweißpotenzialanalyse, -strategie und -initiative für Brandenburg
- Berücksichtigung der Eiweißpotenzialanalyse bei aktuellen und künftigen landwirtschaftlichen Strategien (z. B. Ackerbaustrategie)
- Beitrag zur Entwicklung einer landesweiten Nutztierstrategie mit Unterstützung klimaschutzkonformer, tierwohlorientierter Haltungsformen

- Beratungsangebote zu den Themen Reduktion von Methan- und Lachgasemissionen in der Tierhaltung und Verstärkung der Themen in der Ausbildung (siehe Maßnahme [HF 5-11](#))

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Klimaangepasste Produktion tierischer Produkte; Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft, Digitalisierung in der Landwirtschaft

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Förderprogramme und Finanzierungsinstrumente; Wissenstransfer in die Nutzung; Forschung und Entwicklung; Information/Beratung und Vernetzung

Rechtsrahmen

Gute fachliche Praxis

Verordnung über die nationale Verpflichtung zur Reduktion bestimmter Luftschadstoffe

GAP – Öko-Regelungen (vielfältige Kulturen)

Zu erstellender Rechtsrahmen (s. o.)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)

Mitwirkungsbedarf

Landesamt für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit (LAVG)

Landesamt für Umwelt (LfU)

Fristigkeit

Einführung

Unmittelbar

Laufzeit

langfristig

Zielgruppe

(viehhaltende, futtermittelanbauende) Landwirtschaftsbetriebe

Futtermittel-Dienstleister in der Landwirtschaft

Pflanzenzuchtanstalten

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung

Einsparung 0,16 Mt CO_{2e} in 2045 aus Effizienzmaßnahmen in der Fütterung und Wirtschaftsdüngermanagement (Lagerung)

Zzgl. Trendfolgende Tierbestandsreduktion in Zusammenhang mit Maßnahme [HF 5-2](#)

0,4 Mt CO_{2e} in 2045 entspricht 43 % der Reduktion zur Emissionszielerreichung 2045

Qualitative Argumentation

Reduktion der Emissionen aus der Verdauung und dem Wirtschaftsmanagement

Nutzen

Direkter Nutzen

Treibhausgas-Minderung durch geringere Nachfrage von tierischen Produkten, Stärkung des Anbaus von Leguminosen fördert den Humuserhalt und reduziert den Düngebedarf

Indirekter Nutzen

Ernährungssicherheit; positiver Gesundheitsaspekt und Verringerung von Gesundheitsausgaben; in Zusammenhang mit Bestandreduktion möglicher Nutzen für Tierwohl

Synergien mit Zielen der Ernährungsstrategie und Nachhaltigkeitsstrategie Brandenburg

Aufwand

Direkter Aufwand

Rechtssetzung und Fördermittelbereitstellung zur Effizienzsteigerung und Regulation der technischen Emissionseinsparungen in der Tierhaltung

Fördermittel für F & E Vorhaben und Erfahrungsaustausch zu Futterzusatzstoffen

Erstellung Eiweißpotenzialanalyse und -strategie und entsprechende Berücksichtigung der Ergebnisse in Ackerbau- und Nutztierstrategien

Beratungsangebote /-förderung mit Stärkung der fachlichen Expertise im nachgeordneten Bereich (im Sinne von Bereitstellung von fachlichen Grundlagen und zur fachlichen Unterstützung der Berater)

Insgesamt sind diese Maßnahmenbausteine mit einem hohen Kostenaufwand verbunden

Indirekter Aufwand

Einwirkung auf Bundesebene zur Abgabe auf tierische Produkte, da insbes. durch regionale Futtermittel Preise steigen

4.6.2.2 HF 5-2: Reduktion des Konsums tierischer und Stärkung pflanzlicher Produkte

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Eine alleinige Reduktion der Produktion tierischer Produkte führt nicht zwangsläufig zur Reduktion der THG-Emissionen aus der Tierhaltung, sofern der Konsum und die Ernährungsweise sich nicht ändern. Ziel muss es daher sein, einen gesellschaftlichen Wandel der Ernährungsweise zu befördern mit einer Reduktion des Konsums tierischer Produkte und Stärkung des Konsums pflanzlicher Produkte. Wesentliches Ziel muss dabei auch die Reduktion der Lebensmittelverschwendung in der gesamten Wertschöpfungskette sein.

Inhalt der Maßnahme

- Einsatz auf Bundesebene zur Abgabe auf tierische Produkte (True-Cost-Accounting zur Abbildung des realen Ressourcenaufwands, Klima- und Umweltwirkung) und Senkung des Mehrwertsteuersatzes auf pflanzliche Grundnahrungsmittel
- Berücksichtigung und Konkretisierung der Reduktion des Konsums tierischer Produkte und Stärkung pflanzlicher Produkte bei der in Aufstellung befindlichen Ernährungsstrategie des Landes Brandenburgs
- Förderung des Aufbaus und Etablierung von regionalen Wertschöpfungsketten und Vermarktung einheimischer pflanzlicher, v. a. auch eiweißreicher Produkte für die Konsumierenden, Förderung von Kooperationsmodellen in der Wertschöpfung
- Anpassung des Brandenburger Vergabegesetzes und Vergabehandbuchs unter Berücksichtigung einer zu erstellenden landesweiten Definition von verbindlichen Qualitätskriterien um Aspekte des Klimaschutzes in der Außer-Haus- und Gemeinschaftsverpflegung für öffentliche Träger (auch Kitas, Schulen, öffentliche Kantinen) auch entsprechend EU Green Procurement Criteria: Förderung gebunden an eine überwiegend pflanzliche und vegetarische, klimaschonende Verpflegung
- Bildung (z. B. Schulprojekttage), Information (z. B. Kampagnen zu pflanzenbasierter, gesundheitsfördernder Ernährung und Klimaeinfluss tierischer Produkte) und Sensibilisierung der Bevölkerung (in Verbindung mit Maßnahmen der Ernährungsstrategie, z. B. auch zu „vergessenen/alten“ Sorten und Lebensmitteln), Wissensvermittlung zu klimaverträglicher Ernährung und Reduktion der Lebensmittelverschwendung
- Erstellung rechtlicher Rahmen gegen Lebensmittelverschwendung in der gesamten Produktkette zur Erhöhung der Selbstversorgungsrate und Reduktion des Ressourcenverbrauchs
- Anpassung der neuen Brandenburger Qualitätszeichen um Kennzeichnung zur Klimawirkung von tierischen Produkten
- Erstellung einer Eiweißpotenzialanalyse und -strategie Brandenburg und ihre Einbindung in aktuelle und künftige landwirtschaftliche Strategien (z. B. Ackerbau- und Nutztierstrategien)

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Klimaangepasster Konsum tierischer Produkte

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Information/Beratung

Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen

Förderprogramm für Wertschöpfungsaufbau

Rechtssetzung

Rechtsrahmen und Strategien

Nachhaltigkeitsstrategie für das Land Brandenburg 2014, 2019

Ernährungsstrategien (Dtl. 2020 und BB in Erarbeitung)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz (MSGIV)

Kommunen (kommunalen Gesundheitsämter der Landkreise und kreisfreien Städte)

Träger von Einrichtungen zur Gemeinschafts- und Außer-Hausverpflegungen (öffentlich / privat)

Mitwirkungsbedarf

Landesamt für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit (LAVG)

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK) Landesamt für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit (LAVG)

Fristigkeit

Einführung

Unmittelbar

Laufzeit

langfristig

Zielgruppe

Verbraucherinnen und Verbraucher aller Altersklassen

Bildungseinrichtungen

Verpflegungsdienstleistende und -beauftragende, Vernetzungsstellen für Kita- und Schulverpflegung und für Seniorinnen- und Seniorenernährung

Lebensmitteleinzelhandel

Land, Kommunen und private Träger von Einrichtungen mit Außer-Haus- und Gemeinschaftsverpflegung

Unternehmen des Lebensmittelsektors

Regionale Erzeuger

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung

Durch Tierbestandsreduktion 0,4 Mt CO_{2e} in 2045, entspricht 43 % der Reduktion zur Emissionszielerreichung 2045

Qualitative Argumentation

Eine Reduktion des Konsums tierischer Produkte bewirkt eine indirekte Reduktion der THG aus der Tierhaltung sofern auch der Export reduziert wird.

Nutzen

Direkter Nutzen

THG-Minderung durch geringere Nachfrage von tierischen Produkten, Stärkung des Anbaus von Leguminosen fördert den Humuserhalt und reduziert den Düngbedarf.

Indirekter Nutzen

Ernährungssicherheit; positiver Gesundheitsaspekt und Verringerung von Gesundheitsausgaben; in Zusammenhang mit Bestandreduktion möglicher Nutzen für Tierwohl;

Synergien mit Zielen der Ernährungsstrategie und Nachhaltigkeitsstrategie Brandenburg

Aufwand

Direkter Aufwand

Kampagnen/Projekte zur Sensibilisierung

Erstellung Eiweißpotenzialanalyse und -strategie

Einbindung Eiweißstrategie in Ackerbau- und Nutztierstrategien

Anpassung Brandenburger Vergabegesetzes und Vergabehandbuchs

Rechtssetzung gegen Lebensmittelverschwendung

4.6.2.3 HF 5-3: Reduktion von Lachgasemissionen und Steigerung der Stickstoffeffizienz

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Reduktion der direkten und indirekten Lachgasemissionen aus organischen und mineralischen Düngemitteln und Gärresten in der Lagerung und Ausbringung. Die klimaschädlichen Lachgasemissionen bei der Nutzung landwirtschaftlicher Böden können durch eine Anpassung der Zeitpunkte zur Düngemittelausbringung und einer Steigerung der Stickstoffeffizienz im Acker- und Gartenbau reduziert werden. Stickstoffeffizienz bedeutet hier vor allem eine Reduktion der Stickstoffüberschüsse bei der Ausbringung und die Steigerung der Stickstoffproduktivität als Verhältnis N-Output zu N-Input. Dies hat zugleich positive Auswirkungen auf den damit reduzierten Betriebsmitteleinsatz und wird demzufolge bereits vielfach angewandt. Durch technische Lösungen des Präzisionslandbaus, d. h. zielgerichtete, teilflächen-, standort- und pflanzenspezifische Ausbringung von Düngemitteln an die Pflanze können die Emissionen durch die auf dem Feld offenliegenden oder durch Denitrifikation entstehenden oder ins Grundwasser ausgewaschenen Stickstoffanteile reduziert werden. Hierbei sollen künftig auch anwendungserleichternde Verfahren im Zuge der Digitalisierung (digital farming) verstärkt zum Einsatz kommen. Dabei können durch die Verwendung elektrischer Komponente und der Anwendung von Künstlicher Intelligenz (KI) Daten in der gesamten Produktionskette vom Feld bis zur Verarbeitung erfasst, verfügbar und analysierbar gemacht werden. Über den direkten Emissionsreduktionseffekt hinaus können sich Synergien mit Zielen der Biodiversität und des Gewässerschutzes durch eine reduzierte Düngung von Grünlandflächen ergeben. Zum anderen begünstigen vor allem mehrjährige Leguminosen, neben der Stickstofffixierung, auch die Durchwurzelung des Bodens und tragen zum Erhalt, Förderung und Verlagerung von Humus und damit einem gut strukturierten Boden mit einer guten Wasseraufnahmekapazität, guten Filtereigenschaften und guter Bodenfruchtbarkeit bei. Gleichzeitig wird damit ein Beitrag zum Wasserrückhalt, dem Hochwasserschutz, dem Abbau von Schadstoffen und zur Filter- und Pufferfunktion gegen Nährstoffausträge in Grund- und Oberflächengewässer sowie gegen Bodenerosion geleistet.

Inhalt der Maßnahme

Reduktion Stickstoffüberschüsse/Steigerung Stickstoffeffizienz:

- durch konsequentes Umsetzen und Kontrolle des Düngegesetzes und Düngeverordnung und Stoffstrombilanzverordnung (verbindliche Stoffstrombilanzierung für Betriebe)
- durch Mineraldüngerreduktion und effizientere Verwertung von Reststickstoffmengen, in Kombination mit Fruchtfolgenanpassung durch Anbau von stickstoffbindenden Zwischenfrüchten / Untersaaten / Sommerungen / mehrjährige Kulturen (z. B. Futter-/Körnerleguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge)
- Einwirkung auf Bundesebene zur Streichung des Düngebedarfs/ der Düngezulässigkeit bei Leguminosen in der DüV und Direktzahlungen-Verordnung
- durch teilflächenspezifische, mengenmäßige und zeitlich angepasste Düngeplanung nach standort- und wachstumsspezifischem Pflanzennährstoffbedarf sowie zeitlicher Witterung und Bodenzustand, Düngebedarfsermittlung auf Grundlage der DüV
- durch Einwirkung auf Bundesebene zur Änderung der Qualitätsparameter für (Back-)Getreide für Bewertung und Bezahlung im Erfassungshandel (unabhängig von Rohproteingehalt z. B. Fokus auf Klebeeigenschaften, dadurch weniger Düngung erforderlich)
- durch verpflichtende Nährstoffanalyse der Wirtschaftsdünger und Gärreste und Überprüfung Stickstoffgehalt im Boden (DüV)
- durch Fortentwicklung des Meldeprogramms Wirtschaftsdünger zur transparenten Analyse der Wirtschaftsdüngerströme
- Begleitung der Bundesprozesse zur Erfassung und Monitoring der Ergebnisse der betrieblichen Nährstoffbilanzierungen (Hoftorbilanz)
- durch Förderung von Betriebskooperationen zur regionalen Wirtschaftsdüngervergärung und -verbringung zur Schließung der regionalen Stoffkreisläufe (siehe hierzu [HF 5-9](#))
- durch Förderung des Ökolandbaus und regenerativer Landwirtschaft

Reduktion direkte Lachgasemissionen bei der Ausbringung von Düngemitteln:

- durch Förderung (Investitionszuschüsse) emissionsarmer, bodennaher Ausbringtechnik (Injektion, direkte Einarbeitung)

Reduktion indirekte Lachgasemissionen bei der Aufbereitung von Wirtschaftsdünger:

- durch Einsatz stickstoffstabilisierender Düngemittel
- optimierte Aufbereitung von Wirtschaftsdünger durch vermehrte Zufuhr von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen (in Verbindung mit Maßnahme [HF 5-9](#))

Beratung

Beratungsangebote oder -förderung zu den Themen Stickstoffeffizienz und -überschussreduktion

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft; Standortgemäße, klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung; Digitalisierung in der Landwirtschaft

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Förderprogramme und Finanzierungsinstrumente; Wissenstransfer in die Nutzung; Forschung und Entwicklung; Information/Beratung und Vernetzung

Rechtsrahmen

Gute fachliche Praxis

Ordnungsrecht: Düngegesetz (DüG zuletzt geändert 2021) und Düngeverordnung (DüV zuletzt geändert 2021 und Brandenburgische Düngeverordnung (BbgDüV 2020)); Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV 2020); Düngemittelverordnung (DüMV); Verordnung über die nationale Verpflichtung zur Reduktion bestimmter Luftschadstoffe; Verordnung über Aufzeichnungs- und Meldepflichten beim Inverkehrbringen und der Übernahme von Wirtschaftsdünger (Wirtschaftsdünger meldeverordnung – WDüngMeldeV BB 2020), Wirtschaftsdünger-Verbringungsverordnung (WDüngV)

GAP – Öko-Regelungen (vielfältige Kulturen)

Erstellungs- und Änderungsbedarf:

Erstellung Eiweißpflanzenstrategie Brandenburg und Einbindung in aktuelle und künftige landwirtschaftliche Strategien

Förderung verstärkte Wirtschaftsdüngervergärung durch EEG

Agrarinvestitionsförderung

Immissionsschutz- und baurechtliche Vorgaben

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)

Landkreise und kreisfreie Städte

Mitwirkungsbedarf

Landesamt für Umwelt (LfU)

Fristigkeit

Einführung

Unmittelbar

Laufzeit

langfristig

Zielgruppe

Landwirtschaftsbetriebe

Ausbringende/Planende Dienstleister in der Landwirtschaft

Beratende für Stoffstrombilanzierungen

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung

Einsparung von 0,11 Mt CO_{2e} bis 2045 aus Mineraldünger-, Wirtschaftsdüngerausbringung und durch Reduktion der Emissionen aus Auswaschung und Abfluss; entspricht 8 % der Reduktion zur Emissionszielerreichung.

Zuzüglich THG-Einsparungen bei der Herstellung von Düngemitteln (Sektor Industrie).

Qualitative Argumentation

Reduktion der Emissionen aus der Ausbringung von Wirtschaftsdünger, Mineraldünger und Gärresten und Verringerung der Emissionen aus Auswaschung und Abfluss. Bei geringerer Anwendung reduziert sich auch der Bedarf und somit die Herstellung von Düngemitteln im Inland.

Nutzen**Direkter Nutzen**

Steigerung Stickstoffeffizienz, Einsparung Betriebsmittel durch geringere Mineraldüngerbedarfe und Entscheidungsunterstützung in der Betriebsführung durch Datenerfassung und Dokumentation beim digital farming

Indirekter Nutzen

Synergien mit Luftreinhalteverordnung, Wasserrahmenrichtlinie zur Reduktion der Ammoniakemissionen, Biodiversitätszielen und Nachhaltigkeitszielen

Synergien mit HS Klimaangepasste Produktion tierischer Produkte

Aufwand**Direkter Aufwand**

Beratungsangebote/-förderung mit Stärkung der fachlichen Expertise im nachgeordneten Bereich (im Sinne von Bereitstellung von fachlichen Grundlagen und zur fachlichen Unterstützung der Berater)

Überprüfung und Anpassung der

- Förderrichtlinie BB: Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen Beratungsdienstleistungen
- Förderrichtlinie Bund: Richtlinie zur Förderung von Investitionen in emissionsmindernde Maßnahmen bei der Vergärung von Wirtschaftsdüngern vom 01.02.2022, darin Förderung baulicher Maßnahmen bis 31.12.2023, andere Maßnahmen bis 30.06.2024: gasdichte Abdeckung von Lagern für Gärrückstände; Umrüstung von bereits errichteten und betriebenen Biogasanlagen; Wirtschaftsdüngerspezifische Anlagenteile für Biogas-Neuanlagen; investitionsbegleitende Maßnahmen; sachkundige Begleitung der Investitionsmaßnahmen

Indirekter Aufwand

Monitoring zum Umsetzungsstand bei Einzelbetrieben

Mitwirkung zum Einbezug einzelbetrieblicher Einsparungen bei Emissionsberechnung zur deutschen Inventarerstellung durch das Thünen-Institut

4.6.2.4 HF 5-4: Reduktion der Lachgasemissionen bei ackerbaulicher Bodennutzung durch Mineralisierung

Beschreibung**Ziel der Maßnahme**

Verringerung von Lachgasemissionen, die bei der Mineralisierung von organischem Material durch Bodenbearbeitung und Landnutzungsänderungen in der LULUCF-Kategorie **Acker** (annuelles Ackerland, Hopfen-, Obst-, Weinanbau, Baumschulen, Weihnachtsbäume und KUP) entstehen. Ein weiterer Fokus liegt dabei auf dem Humuserhalt durch eine bodenschonende Bodenbearbeitung. Die Maßnahme bezieht sich auf mineralische Böden sowie auf die noch nicht wiedervernässten organischen Böden unter Ackernutzung. Letztere sind jedoch bis spätestens 2030 in Grünland umzuwandeln (siehe Maßnahme [HF 5-5](#) und [HF 7-8](#) und [7-9](#)).

Inhalt der Maßnahme

- Förderung und rechtliche Rahmensetzung zur
 - Erhöhung des Anteils humusschonender Bodenbewirtschaftung durch Reduzierung und standortangepasste Bodenbearbeitung entsprechend Witterungsbedingungen sowie durch Mulch- und Direktsaatverfahren
 - Anbau mehrjähriger (Misch-)Kulturarten, Zwischenfrüchte auch Untersaaten und Anpassung der Fruchtfolgen mit Leguminosen, dabei (Mineral-)düngeverzicht bei der gesamten Fruchtfolge

- Verbot von Brachen ohne Begrünung
- Rückführung von Ernte- und Zwischenfruchtresten (Schließung der Stoffkreisläufe)
- Initiative für ein nationales Förderprogramm zur Saatgutzucht von Leguminosen
- Initiierung einer Eiweißpotenzialanalyse und Eiweißinitiative für Brandenburg zur Erstellung einer Eiweißpflanzenstrategie und ihre Berücksichtigung in den aktuellen und künftigen landwirtschaftlichen Strategien (z. B. Ackerbau- und Nutztierstrategien)
- Erstellung und regelmäßige Aktualisierung einer referenzierten Datengrundlage der Kohlenstoffvorräte (Humusgehalte) auf mineralischen Landwirtschaftsflächen (außerhalb der Moorbodenkarte)
- Beratungsangebote oder -förderung zu den Themen humusschonende Bodenbewirtschaftung und Leguminosenanbau und Integration in die Ausbildung (siehe [HF 5-11](#))

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Standortgemäße, klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung; Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
Information/Beratung/Vernetzung/Ausbildung
Grundlagenbereitstellung
Rechtssetzung

Rechtsrahmen

Gute fachliche Praxis
GAP – Öko-Regelungen (vielfältige Kulturen)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)

Mitwirkungsbedarf

Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz (MSGIV)
Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LGBV)

Fristigkeit

Einführung

In Legislatur

Laufzeit

Langfristig

Zielgruppe

Landwirtschaftliche Betriebe und Verbände

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung

Gering bei Einsparung Mineralisation und durch verminderten Energiebedarf zur Bodenbearbeitung

Qualitative Argumentation

Extrem wichtig für langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Reduktion der Abhängigkeit von externen Ressourcen (Energie, Mineraldünger, Wasser)
Kohlenstoffbindung durch Humuserhalt und -förderung, solange Maßnahme durchgeführt wird.

Nutzen

Direkter Nutzen

Minderung der THG-Emissionen durch verringerten Energiebedarf zur Bodenbearbeitung
Verbesserung der Bodenqualität durch Verlagerung von Humus in tiefere Bodenhorizonte, Verbesserung Bodenfruchtbarkeit, Wasserspeichervermögen, Nährstoffverfügbarkeit damit ist dies auch eine Klimaanpassungsmaßnahme

Indirekter Nutzen

Reduktion des Düngedarfs durch Erhöhung und Verlagerung des Humusgehalts bei mehrjährigen, humusfördernden Kulturen und angepasste Fruchtfolgen und damit verbesserte Bodenfruchtbarkeit.

Aufwand

Direkter Aufwand

Aufwand durch Erstellung Eiweißpotenzialanalyse
Erstellung und regelmäßige Aktualisierung der Karte zu Kohlenstoffvorräten mineralischer Böden (außerhalb der Moorbodenkarte)
Beratungsangebote/-förderung mit Stärkung der fachlichen Expertise im nachgeordneten Bereich (im Sinne von Bereitstellung von fachlichen Grundlagen und zur fachlichen Unterstützung der Berater)
Rechtssetzung

4.6.2.5 HF 5-5: Erhöhung der Flächenumwandlung von Acker- zu Grünland sowie Erhalt und Umbruchverbot von Dauergrünland

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Erhöhung des Humusgehalts (Speicherung von organischem Kohlenstoff) und Vermeidung von Lachgasemissionen bei landwirtschaftlich genutzten Böden (**Grünland**) durch Reduktion bis Aufgabe der Bodenbearbeitung und Düngung. Die Maßnahme bezieht sich auf alle mineralischen Böden sowie bis 2030 auch auf alle noch entwässerten organischen, landwirtschaftlich genutzten Böden, in Zusammenhang mit [Maßnahme 7-8](#) und [7-9](#) zum Moorschutz ([HF 7](#)) und einer dort angesetzten Wiedervernässung von Grünland auf Niedermoorstandorten zu sehen. Für den flächenmäßigen Umfang der Landnutzungsänderung (Acker zu Grünland) auf mineralischen Böden bedarf es dabei einer gutachterlichen Analyse der künftigen Flächen- und Mengenbedarfe zur klimaoptimierten und gesundheitsförderlichen Ernährungssicherung (inkl. Futtermittel) sowie der stofflichen und energetischen Substitution von erdölbasierten Produkten im Sinne einer nachhaltigen Bioökonomie.

Inhalt der Maßnahme

- Strikte Kontrolle des Erhalts und Pflugverbots von Dauergrünland, Versagung der Genehmigungen für neue Anträge auf Grünlandumbruch
- Ergänzung des Umwandlungsverbots durch Genehmigungspflicht für entwässertes Dauergrünland (bis 2030)
- Förderung der Extensivierung von Grünlandbewirtschaftung
- Förderung des Ausbaus regenerativer Landwirtschaft durch Extensivierung der ackerbaulichen Intensivnutzung

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Standortgemäße, klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente

Rechtsrahmen

GAP (GLÖZ 1, Öko-Regelung 4, 2. Säule), ELER

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)

Mitwirkungsbedarf

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)

Fristigkeit

Einführung: In Legislatur

Laufzeit: langfristig

Zielgruppe

Landeigentümerinnen und -eigentümer
Landwirtschaftliche Betriebe im Haupt- und Nebenerwerb
Kontrollbehörde

THG-Minderung**Quantitative Abschätzung**

THG-Reduktion um 77 kt CO₂e (0,4 t CO₂e/ha/a) in 2030 durch Mineraldüngerverzicht auf den von Acker- zu Grünland umgewandelten Flächen auf organischen Böden und ökologisch bewirtschafteten Flächen (29300 ha org. Böden und 264817 ha Ökolandbau als Ackerland bis 2030) Zzgl. Kohlenstoffbindung bei Umwandlung Acker- zu Grünland auf mineralischen Böden. Aufgrund der Standortabhängigkeit und dem zu untersuchenden Flächenumfang wird hier keine Angabe gemacht. Wiesmeier et al. (2020) gibt eine Reduktion von durchschnittlich 2,67 t CO₂/ha bei der Umwandlung Acker zu Grünland an. Hinzu kommen die Emissionsreduktionen auf organischen Böden bis 2030 durch Wiedervernässung (siehe dazu [Maßnahme 7-8](#) im [HF 7](#))

Nutzen**Direkter Nutzen**

Erhalt und Förderung von Grünland:

- Große Bedeutung für Artenschutz / Erhalt der Artenvielfalt
- Verhinderung von Bodenerosion
- Reduzierung der Nährstoffauswaschungen
- Unterstützung von Zielen des Arten-, Boden und Gewässerschutzes
- Synergieeffekt für die Umsetzung der EU-Biodiversitätsstrategie 2030
- Gute Versickerung und Wasserspeicherung von Niederschlagswasser (auch bei Starkregen) relevant im Sinne der Anpassung an den Klimawandel

Indirekter Nutzen

Synergien mit HS Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft und HS Klimaangepasste Produktion tierischer Produkte

Aufwand**Direkter Aufwand**

Durchführung von Kontrollen
Förderung

4.6.2.6 HF 5-6: Erhöhung des Anteils von gehölzartigen Strukturelementen (Feldgehölze, Hecken, Knicks, Baumreihen, Alleen) und Agroforstsystemen sowie Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen

Beschreibung**Ziel der Maßnahme**

Durch einen dauerhaft erhöhten Anteil von gehölzartigen Strukturelementen, Agroforstsysteme und Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (Ackerland auf mineralischen Böden) sollen THG durch eine Reduktion von Düngemitteln und Bodenbearbeitung vermindert werden sowie der Humusgehalt erhöht und durch Schutz vor Winderosion erhalten werden. Ziel ist die Verdopplung der Gehölze bis 2045 (31.000 ha), das dem Zustand von 1990 entspricht. Es ergeben sich Synergien zu Naturschutz-, Biodiversitäts-, Boden- und Grundwasser-, Gewässerschutzzielen durch die Erhöhung von gehölzartigen Landschaftsstrukturelementen (gilt nicht für KUP) sowie eine Anpassung an den Klimawandel durch Verminderung der Winderosion und der durch Wind erhöhten Verdunstung auf Acker- und Grünlandflächen durch die Agroforstsysteme und Strukturelemente. Beim Einsatz in Schutzgebieten sind die jeweiligen Schutzgebietsverordnungen bzw. die Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen von Natura 2000-Gebieten zu beachten.

Inhalt der Maßnahme

- Förderung der Anlage von Feldgehölzen, Alleen, Hecken und nachhaltig bewirtschafteten Agroforstsystemen auf Ackerflächen mit mineralischen Böden (Vorschlag Agroforstwirtschaft als AUKM liegt bereits vor (Böhm et al. 2020))
- Aufnahme weiterer nutzbarer Feldgehölze in die Liste der Fördergehölze (Anpassung Negativliste)
- Erweiterung des Kompensationsflächenpools von Bauvorhaben (Eingriffsregelung) zur gezielten Unterstützung von Gehölzanlagen und Alleen
- Etablierung von Agroforstsystemen durch Wissenstransfer, Vernetzung und Erfahrungsaustausch
- Nutzung kleinräumiger Grenzertragsstandorte (mit geringem Naturschutzwert) zum naturverträglichen Anbau von KUP und dadurch Erhöhung der energetischen Verwertung von KUP statt Energiepflanzen
- Festlegung bei Förderung zur Bewirtschaftung von Agroforsten und KUP mit gestaffelter Ernte sowie der Landschaftspflege bei Gehölzen zum Erhalt der Biotopfunktion
- Unterstützung der regionalen Verwertung und Vermarktung von Erzeugnissen der essbaren Erträge (z. B. Nüsse, Beeren-/Obst) durch Aufbau von Wertschöpfungsketten
- Beratungsangebote oder -förderung zu Vorteilen, Kosten, Erntetechnik und Vermarktungsmöglichkeiten der Agroforstwirtschaft; Bereitstellung Leitfäden und Aktionstage zur Etablierung von Agroforstsystemen, Integration in die Ausbildung ([HF 5-11](#))

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Standortgemäße, klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente, Information/Beratung/Vernetzung, Forschung und Entwicklung/Pilotvorhaben, Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen

Rechtsrahmen

Gute fachliche Praxis

GAP- GLÖZ 8 (4 % nicht-produktive Fläche), Öko-Regelungen (Beibehaltung Agroforstsysteme), Anpassung AUKM (2. Säule) und ELER

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)
Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)

Fristigkeit

Einführung

Unmittelbar

Laufzeit

Langfristig

Zielgruppe

Landwirtschaftliche Betriebe
Landeigentümerinnen und -eigentümer
Beratungsunternehmen
Verarbeitendes Gewerbe von Produkten der Agroforstsysteme (Gehölze)
Landschaftspflegeverbände
Flächenagentur Brandenburg
Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF)

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung

THG-Einsparung durch Mineraldüngerverzicht auf 31.000 ha (3 % der Ackerfläche):
10– 13 kt CO₂e/a bis 2045; zzgl. Humuserhalt und -förderung (CO₂-Einbindung) durch Landnutzungsänderungsflächen Ackerland/Grünland zu Agrargehölzen (ohne KUP). Wiesmeier et al. (2020) gehen hierbei von einer durchschnittlichen Kohlenstoffbindung von 2,49 CO₂/(ha*a) aus. Dies ergäbe bei der entsprechenden Fläche 77 kt CO₂e/a bis 2045 (31.000 ha). Die oberirdische

Biomasse wird im HF LULUCF bilanziert. Durch Verhinderung der Winderosion auch Beitrag zum Humuserhalt des Oberbodens.

Nutzen

Direkter Nutzen

- Beitrag zur Erhöhung der nutzbaren/essbaren Gehölze (z. B. Beeren-/Obst, Nüsse)
- Verbesserung von Bodenfruchtbarkeit und Mikroklima (Schutz vor Wind/Erosionsschutz, Humuserhalt im Oberboden durch Erosionsschutz, Schattenspende, Reduktion der durch Wind erhöhten Verdunstung auf bewirtschafteten Flächen)
- Speicherung von Kohlenstoff in ober- und unterirdischer Biomasse und totem organischen Material
- Erhöhung des Humusgehalts und Bodenqualität
- Ästhetische Aufwertung der Agrarlandschaften durch Strukturierung
- Schutz des Grund-/Oberflächenwassers durch reduzierten Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln
- Schutz und Erhöhung der Biodiversität, durch zusätzliche Lebensräume, Biotopverbund und Strukturvielfalt, Bildung von Schattenzonen bei extremen Witterungsbedingungen

Indirekter Nutzen

Maßnahme: Reduktion der Lachgasemissionen bei ackerbaulicher Bodennutzung durch Mineralisierung

Aufwand

Direkter Aufwand

Förderung zur Neuanlage und Beibehaltung (Pflege)
Beratungsangebote/-förderung und Wissenstransfer Forschung/Praxis und Erfahrungsaustausch zur Akzeptanzsteigerung
Anpassungsbedarf der Liste geförderter Arten bei Agroforstsystemen

4.6.2.7 HF 5-7: Reduktion des Energieeinsatzes in der Landwirtschaft

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Mithilfe von energieeffizienten Geräten und Maschinen und erneuerbaren Energien soll der fossile Energieeinsatz in der Landwirtschaft reduziert werden, um die energiebedingten Treibhausgasemissionen (CO₂) zu senken sowie Energiekosten einzusparen.

Inhalt der Maßnahme

- Förderung und rechtliche Rahmensetzung zur Regulation der technischen und effizienzsteigernden Reduktion der energiebedingten THG-Emissionen durch:
 - Technische Einsparungspotenziale von fossilen Energieträgern durch Dämmungen, Isolierungen von Leitungen/Kesseln, Doppelverglasungen und Energieschirmen im Unterglasanbau
 - Effizientere Fahrweisen (Präzisionslandwirtschaft) und Produktionsverfahren Verwendung Maschinen und Geräte mit höherer Energieeffizienz entsprechend neuestem Stand der Technik, Optimierung der Heizungsanlagensteuerung (z. B. Nachtabenkung)
 - Erhöhung Anteil erneuerbarer Energien im Energieeinsatz, Antriebe von Landmaschinen mit Elektro- oder Hybridsystemen und Energiesparmotoren (siehe Maßnahme Agri-PV)
- Einführung von Energiemanagementsystemen (einzel- und überbetrieblich) zur Identifikation und Nutzung technischer Einsparungspotenziale (z. B. Tagesbeleuchtungspläne erstellen und Nutzung Tageslichteinfall in Gebäuden) in Zusammenhang mit Maßnahme [HF 5-10](#)
- Förderung von überbetrieblichen Konzepten zur Energieeinsparung auch in Verbindung mit Maßnahme [HF 5-10](#) (z. B. Maschinenringe, Kraft-Wärme-Kopplung in Zusammenhang mit Biogasanlagen)

- Umsetzungs- und Förderempfehlungen durch betriebliche Klimaschutz- und Energieberatung

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Energieeffizienz in der Landwirtschaft, Landwirtschaftliche Energieerzeugung (z. B. Agri-PV, Biomasse)

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Förderprogramme und Finanzierungsinstrumente; Wissenstransfer in die Nutzung; Information/Beratung und Vernetzung
Planung/Planungsverfahren

Rechtsrahmen und Strategien

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft - Bundesprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau
Energierategie 2040 (Brandenburg)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie (MWAE)
Kommunen

Fristigkeit

Einführung

Unmittelbar

Laufzeit

Langfristig

Zielgruppe

Landwirtschaftliche Betriebe
Lohnunternehmen
Landtechnikverband
Unternehmen (für bspw. effiziente Maschinen)
Beratungsunternehmen zur über-/betrieblichen Energieeinsparung
Neue Maschinenringe oder ähnliche Kooperationen

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung

0,24 Mt CO_{2e} bis 2045 durch Effizienzsteigerungen und Umstieg auf Erneuerbare Energien

Nutzen

Direkter Nutzen

Reduktion energiebedingter CO₂-Emissionen und Beschleunigung der Energiewende (Energieeinsparungen)
Einsparung von Energiekosten

Indirekter Nutzen

HF Energie und Wasserstoffwirtschaft: HS Ambitionierter Ausbau erneuerbarer Energien, HS Förderung der Energieeffizienz (z. B. anlagenbezogen, prozessbezogen, betriebliches Energiemanagement)

Aufwand

Direkter Aufwand

Beratungsangebote stärken, auch mit Stärkung der fachlichen Expertise im nachgeordneten Bereich (im Sinne von Bereitstellung von fachlichen Grundlagen und zur fachlichen Unterstützung der Berater)
Förderung von effizienten Maschinen in der Landwirtschaft,
Beratungen zur Energieeffizienz und -einsparung

Indirekter Aufwand

Einbindung der erhobenen Daten in die THG-Erfassung (Amt für Statistik)

4.6.2.8 HF 5-8: Stärkung des Ökolandbaus und einer klimaschonenden Landwirtschaft

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Durch die Stärkung einer klimaschonenden Landwirtschaft, die entsprechend den Zielen des Klimaschutzes im Eigeninteresse Maßnahmen ergreift, soll eine für alle Landwirtinnen und Landwirten attraktive, ressourcenschonende, nachhaltige und standortangepasste Form der Landwirtschaft in Brandenburg befördert werden. Der Ökolandbau bietet hierzu bereits viele gute Ansätze, die auch bereits, durch die damit adressierten THG-Reduktionen, Teil anderer Maßnahmen des Handlungsfelds Landwirtschaft und Ernährung sind. Dazu zählen Maßnahmen wie Humuserhalt und -förderung durch ganzjährige Bodenbedeckung z. B. mit mehrjährigen Kulturen, Zwischenfrüchte, Untersaaten, Erhöhung des Anteils von gehölzartigen Strukturelementen, Einarbeitung von Ernteresten und Zwischenfrüchten, reduzierte Bodenbearbeitung und Reduktion Anwendung künstlicher Düngemittel sowie die Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung. Es soll ein Anteil von mind. 30 % Ökolandbau bis 2030 erreicht werden und alle konventionellen Betriebe auf eine klimaverträgliche Landwirtschaftspraxis (mit Fokus auf Klimaschutzmaßnahmen zur Emissionsminderung) umgestellt werden. Dabei soll aufgebaut werden, auf dem was schon erfolgreich von Landwirtinnen und Landwirten in Brandenburg umgesetzt wird und der Erfahrungsaustausch gefördert werden.

Inhalt der Maßnahme

- Unterstützung der Vernetzung zum Erfahrungsaustausch und Praxisanwendungen (best practise Beispiele) z. B. durch Aufbau einer webbasierten Informations- und Vernetzungsplattform für Brandenburg, hierfür Zusammenarbeit mit Verbänden, Vereinen und Forschungseinrichtungen
- Steigerung der Attraktivität der Förderung
- Forderung auf Bundesebene zur stärkeren Ausrichtung der GAP-Fördermittel der 1. Säule direkt an Klimaschutzleistungen (u. a. zu Moorschutz) sowie Überprüfung und Anpassung der guten fachlichen Praxis mit Fokus auf Klimaschutzleistungen
- Vorbildfunktion für landeseigene Flächen: längerfristige Verpachtung gebunden an Kriterien zu Klimaschutzmaßnahmen inkl. Monitoring der Umsetzung; Landvergabe landeseigener Flächen vorrangig an Junglandwirtinnen und Landwirten mit Ausbildungsschwerpunkt zur klimaverträglichen Landwirtschaft (siehe [HF 5-11](#))
- Unterstützung regionaler Versorgungssysteme für klimaverträgliche Produkte (Hofläden/Direktvermarktung), Unterstützung der Verarbeitung und Absatzmärkte neuer Kulturpflanzen, Förderung des Aufbaus und Vernetzung von klimaschonenden Wertschöpfungsketten
- Entscheidungshilfen und Beratungsangebote zu standortgerechtem, ökologischem und klimaverträglichem Anbau von Kulturpflanzen und Tierhaltung, zu Themen wie der Reduktion chemischen Pflanzenschutzes auf konventionellen Standorten durch mechanische und biologische Methoden

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft, Standortgemäße, klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung

Kategorie

Förderprogramme / Finanzierungsinstrumente
Information/Beratung/Vernetzung
Studien/Leitfäden

Rechtsrahmen und Strategien

Gute fachliche Praxis
GAP – GLÖZ, Öko-Regelungen und 2. Säule
Ökoaktionsplan Brandenburg
Nachhaltigkeitsstrategie Brandenburg
Klimaanpassungsstrategie

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)

Mitwirkungsbedarf

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)

Fristigkeit

Einführung

Unmittelbar

Laufzeit

Mittel- bis langfristig

Zielgruppe

Landwirtschaftliche Betriebe (Produktion, Verarbeitung, Vermarktung)

Verbände, Vereine und Forschungseinrichtungen (Landwirtschaft, Landschaftspflege etc.)

THG-Minderung

Durch die Maßnahmen:

- i. Reduktion von Lachgasemissionen und Steigerung der Stickstoffeffizienz ([HF 5-3](#))
u. a. durch Verzicht auf mineralische Düngemittel, Anbau Zwischenfrüchte und Leguminosen
- ii. Reduktion der Methan- und Lachgasemissionen in der Tierhaltung ([HF 5-1](#)) u. a. durch stickstoffreduzierte Fütterung und Flächenbindung in der Tierhaltung durch hohe Eigenfutterquoten
- iii. Reduktion der Lachgasemissionen bei ackerbaulicher Bodennutzung ([HF 5-4](#)) durch Humuserhalt

Auch in der ökologischen Landwirtschaft: Schließung von Stoffkreisläufen und Reduktion von Eiweißfuttermittelimporten (Reduktion leakage-Effekte)

Nutzen

Direkter Nutzen

- Bodenschutz durch aktive Förderung des Humusgehalts, Bodenfruchtbarkeit und des Bodenlebens
- Schließung der regionalen Nährstoffkreisläufe
- Klimaanpassung durch Erhöhung von Strukturelementen und verbesserte Wasserspeicherkapazität des Bodens

Indirekter Nutzen

- Unterstützung des Artenschutzes durch geringeren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Erhöhung der Lebensraumvielfalt und Biotopverbund durch Strukturelemente
- Reduktion Nitratbelastungen in Gewässern und Grundwasser durch an Betriebsfläche gebundene Tierhaltung

Aufwand

Direkter Aufwand

Aufbau webbasierter Informations- und Vernetzungsplattform für Brandenburg

Förderung

Beratungsangebote/-förderung mit Stärkung der fachlichen Expertise im nachgeordneten Bereich (im Sinne von Bereitstellung von fachlichen Grundlagen und zur fachlichen Unterstützung der Berater)

4.6.2.9 HF 5-9: Aufbau überbetrieblicher Konzepte zur Nutzung von Wirtschaftsdünger und landwirtschaftlicher Reststoffe

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Reduktion der THG-Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung sowie Verbesserung der Stickstoffnutzungseffizienz tierischer Exkremente (Wirtschaftsdünger) ist auch im Klimaschutzprogramm 2030 enthalten. Durch die Vergärung in Biogasanlagen kann u. a. das Immobilisierungspotenzial der Stickstoffverbindungen im Vergleich zur direkten Anwendung von Wirtschaftsdünger reduziert werden (TFZ 2020). Mit der Maßnahme soll der Fokus vor allem auf dem Aufbau von überbetrieblichen regionalisierten Konzepten zur Schließung der Nährstoffkreisläufe (inkl. Humuserhalt) auf Schlagebene im Sinne der Nachhaltigkeit und regenerativen Landwirtschaft zwischen viehhaltenden und ackerbaulichen Betrieben in einer Region liegen. Durch die regionale Nutzung der Wirtschaftsdünger sollen darüber hinaus Importe von synthetischen Düngemitteln mit einem großen Energiebedarf in der Herstellung sowie die verkehrsintensiven Im- und Exporte von Wirtschaftsdünger reduziert werden. Landwirtschaftliche Reststoffe sollen als nachhaltige Substrate und als synergetisches Produkt der Biodiversitätsförderung auch in Biogasanlagen genutzt werden können.

Inhalt der Maßnahme

- Aktualisierung der Potenzialanalyse und Erstellung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse zu Wirtschaftsdünger und Reststoffen/nachhaltigen Substraten zur energetischen Verwertung im Land Brandenburg, Studie zu künftigen Mengen und Bedarfen, Identifikation von Hemmnissen und Potenzialen für Vereinfachung der Genehmigungsverfahren für Vergärung und Anlagenumstellung
- Erhöhung des Wirtschaftsdüngereinsatzes durch Anreizsetzung und Reduktion der Anbaubiomasse (Energiepflanzen) in Biogasanlagen durch Einstellung der Förderung; Einwirken auf Bundesebene zur gesetzlich festzulegenden Einspeisevergütung
- Unterstützung und Förderung der Umstellung der Bestandsanlagen und Lager auf höhere Verwertbarkeit von Wirtschaftsdünger und Reststoffen; Vorgabe von mind. 80 % Anteil Gülle/Mist bei neuen Gülle-Kleinanlagen (auch außerhalb EEG-Förderung)
- Förderung überbetrieblicher regionalisierter Konzepte zur Kraft-Wärme-Kopplung, Logistik und Ausbringung der Gärreste zwischen viehhaltenden und acker-/gartenbaulichen Betrieben
- Verwertung von nachhaltigen Reststoffen aus klimaschonenden Fruchtfolgen (z. B. Klee-/Weidelgras), Blühpflanzenkulturen und Aufwuchs/Pflegeschnitten aus extensiver Nutzung, Stilllegungen, Naturschutz- und Biodiversitätsmaßnahmen
- F&E Projekt zur energetischen Verwertung von Paludikulturen bis nachhaltige Wertschöpfungsketten aufgebaut sind
- Forderung auf Bundesebene landwirtschaftliche Privilegierung zum Bau von Biogasanlagen im Außenbereich auch für Gemeinschaftsunternehmen/-kooperationen festzulegen

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Standortgemäße, klimaschonende landwirtschaftliche Bodennutzung; Klimaangepasste Produktion tierischer Produkte; Stickstoffeffizienz in der Landwirtschaft, Energieeffizienz in der Landwirtschaft, Landwirtschaftliche Energieerzeugung (z. B. Agri-PV, Biomasse)

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Konzepte/Studien/Leitfäden
Forschung&Entwicklung
Förderprogramm/Finanzierungsinstrumente

Rechtssetzung

Rechtsrahmen

Förderung durch EEG
Agrarinvestitionsförderung
Immissionsschutz- und baurechtliche Vorgaben

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK)
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie (MWAE)
Kommunen

Fristigkeit

Einführung

Unmittelbar

Laufzeit

Langfristig

Zielgruppe

Betreibende und Gemeinschaftskooperationen von Biogasanlagen
Landwirtschaftliche viehhaltende und ackerbaulich wirtschaftende Betriebe
Landschaftspflegebetriebe und -verbände

THG-Minderung

Qualitative Argumentation

Verminderung der THG-Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger sowie durch Substitution von Anbaubiomasse indirekte THG-Einsparung durch Einsparung künstlich mit hohem Energieaufwand hergestellter Düngemittel (Produktion und Anwendung)

Nutzen

Direkter Nutzen

Ressourceneffizienz und Schließung der regionalen Stoffkreisläufe
Verbesserte Stickstoffnutzungseffizienz durch Vergärung von Wirtschaftsdünger
Verminderung der Geruchsemissionen

Indirekter Nutzen

Unterstützung und Synergien mit Humuserhalt, Biodiversitäts- und Naturschutzmaßnahmen durch Nachnutzung der Reststoffe

Aufwand

Direkter Aufwand

Konzepterstellung und Aktualisierung der Potenzialanalyse für Wirtschaftsdüngervergärung in Brandenburg, inkl. künftiger Bedarf, Mengen und Wirtschaftlichkeitsanalyse
Förderung und Beratung Umstellung Bestandsanlagen auf mehr Wirtschaftsdüngerverwertung und überbetriebliche regionalisierte Konzepte

4.6.2.10 HF 5-10: Steuerung und Förderung landwirtschaftlicher Energieerzeugung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Zur Einkommensdiversifizierung und betrieblichen Absicherung der Landwirtinnen und Landwirte (Pachtende und Eigentümerinnen und Eigentümer) oder kommunalen/Bürger-Energiegemeinschaften und zur multifunktionalen Flächennutzung bei Flächenbedarfen für den Ausbau erneuerbarer Energien soll Agri-PV als Sekundärnutzung (max. 10 – 15 %) der landwirtschaftlichen Hauptnutzfläche gefördert werden. Hierfür bedarf es vereinfachter Genehmigungsverfahren, Forschungsprojekte und Übertragung der Praxiserfahrungen. Agri-PV umfasst hier offene Anlagen (aufgeständert oder bodennah) sowie auf Foliensystemen und Gewächshäusern, nicht inbegriffen sind herkömmliche Freiflächen-PV-Anlagen. Landesweite Rahmenbedingungen für Moor-PV für die Kommunen, u. a. mit verbindlicher und dauerhafter Wiedervernässung des organischen Standorts, sollen im Sinne der multifunktionellen Flächennutzung in Kooperation mit Wissenschaft und Praxiserfahrungen erarbeitet werden.

Inhalt der Maßnahme

- Vereinfachung und Beschleunigung der Genehmigungsverfahren für Agri-PV durch Länderforderung auf Bundesebene zur Aufnahme von Agri-PV-Anlagen und -forschung als eigenen Privilegierungstatbestand in § 35 Abs. 1 BauGB und Schaffung eigener Festsetzungsmöglichkeit „Sondergebiet Agri-PV“ in BauNVO
- Länderforderung auf Bundesebene zur EEG-Einspeisevergütung für kleine Agri-PV-Anlagen (<750 kWp) und Zulassung von Eigenverbrauch im Ausschreibungssegment des EEG sowie Streichung der EEG-Umlage auf Eigenverbrauch
- Vernetzung und Erfahrungsaustausch mit europäischen und bundesweiten F&E-Pilotprojekten (z. B. über Fraunhofer ISE) zur Prüfung der Übertragbarkeit auf Brandenburg zu
 - i) torferhaltenden und -aufbauender Moor-PV auf wiedervernässten, landwirtschaftlich genutzten Standorten
 - ii) Agri-PV auf mineralischen Böden, vorzugsweise extensiv bewirtschafteten Grünland oder auf Ackerland mit geeigneten (Dauer-)Kulturen;
- Unterstützung zur Aufstellung klarer Kriterien und Standards für die Baugenehmigung von Agri-PV- und Moor-PV-Anlagen auf kommunaler Ebene zur Regulierung des Bodenmarkts, Orientierung an DIN SPEC 91434, inkl. vollständiger Rückbaubarkeit, Erhalt Bodenfruchtbarkeit, Ausschluss von Schutzgebieten, Aufstellen von Naturschutzkriterien, verbindliche und dauerhafte Wiedervernässung bei Moor-PV (auch außerhalb des EEG)
- Unterstützung der Kommunen durch Fachberatungen/Handlungsleitfaden und Förderzuschuss zur Erstellung von Konzepten für kommunale/Bürger-Energiegemeinschaften zu Agri- und Moor-PV, die auf kommunale Gegebenheiten und mit lokalen Akteuren abgestimmt sind zur erfolgreichen Berücksichtigung von gemeinschaftlichen Interessen (inkl. Formulierung Eigenanteil) bei Abstimmungsprozessen mit Investierenden
- Erarbeitung einer landesweiten Flächenkulisse für Moor-PV;
- Förderrichtlinie zur Beratung und Unterstützung von Agri-PV Vorhaben mit Entwicklung (über-)betrieblicher, automatisierter Energiemanagementsysteme zur Schließung von Energiekreisläufen (Energieautarkie), durch Speicherung und Nutzungsmöglichkeiten der Energie aus Agri-PV
- Beratung von Landwirtinnen und Landwirte (Pachtende, Eigentümerinnen und Eigentümer und Kooperationen) zu Vorteilen, Kosten, Bewirtschaftungstechnik; Bereitstellung Leitfäden und Aktionstage zur Sensibilisierung, Akzeptanzsteigerung und Etablierung von Agri-PV-Anlagen inkl. geeigneter Kulturpflanzenauswahl

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Landwirtschaftliche Energieerzeugung (z. B. Agri-PV, Biomasse)

Kategorie

Rechtssetzung

Planung/Planungsverfahren

Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben
Förderprogramme/Finanzierungsmaßnahmen
Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)
BauGB
Brandenburger Bauordnung (BbgBO)
Anerkennung der Agri-PV in der DirektZahlDurchfV § 12; Abs. 3;
Land Brandenburg – Energiestrategie 2040

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK)
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie (MWAE)

Mitwirkungsbedarf

Energieagentur Brandenburg
Kommunen

Fristigkeit

Einführung

Unmittelbar

Laufzeit

Langfristig

Zielgruppe

Kommunen
Landwirtschaftliche Betriebe (Pachtende und Eigentümerinnen und Eigentümer) und Kooperatio-
nen/Energiegemeinschaften der Bürgerschaft
Bürgerschaft (Akzeptanz)
regionale Investierende (für Errichtung und Betrieb von Agri-PV)

THG-Minderung

Qualitative Argumentation

THG-Minderung durch Reduktion des fossilen Energieeinsatzes bei Eigenstromverbrauch und -
speicherung mittels Energiemanagementsystemen
Indirekte THG-Reduktion aus Einstellung der bodeneingreifenden Bewirtschaftung organischer
Böden (Moor-PV)

Nutzen

Direkter Nutzen

Beschleunigung der Energiewende;
Steigerung der Flächeneffizienz und Einkommensdiversifizierung durch multifunktionale Nutzung
(Landwirtschaftliche Produktion sowie Stromproduktion auf gleicher Fläche);
Kulturschutz und Klimaanpassung durch Wetter-, Wind- und Sonnenschutz für Kulturen (Schutz
vor Winderosion, Frost, Hitze, erhöhter Verdunstung, Trockenheit und Hagel);
Möglichkeit zur Reduzierung Pflanzenschutzmittel durch PV-Unterkonstruktionen für Schutz-
netze oder -folien;
Senkung des Wasserverbrauchs (Reduktion des Bewässerungsbedarfs bis zu 20 % und Regen-
wassersammlung für Bewässerung);
Stromnutzung für Weiterverarbeitung landwirtschaftlicher Produkte und Kühlung;
Unterstützung der Wiedervernässungsmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Niedermoo-
ren (Moor-PV)

Indirekter Nutzen

HF Energie und Wasserwirtschaft: HS Ambitionierter Ausbau erneuerbarer Energien und
HS Förderung der Energieeffizienz
HF [8-4](#) Klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung

Aufwand

Direkter Aufwand

Förderung von Vorhaben und Beratungsdienstleistungen für Kommunen
Vernetzung mit europäischen/bundesweiten F&E-Vorhaben zur Übertragung der Erfahrungen
und Ergebnisse
Erstellung Flächenkulisse für Moor-PV

Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen für beschleunigten Genehmigungsverfahren
Beratungsangebote/-förderung, mit Stärkung der fachlichen Expertise im nachgeordneten Bereich (im Sinne von Bereitstellung von fachlichen Grundlagen und zur fachlichen Unterstützung der Berater)

Leitfaden und Aktionstage

Indirekter Aufwand

Einwirkung und Stärkung der Ziele auf Bundesebene

4.6.2.11 HF 5-11: Verankerung der Themen Klimaschutz und Ernährung in der landwirtschaftlichen und pädagogischen Berufsausbildung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme

Die Landwirtschaft ist maßgeblich vom Klimawandel betroffen und gleichzeitig kann sie einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Die Herausforderungen und Chancen die sich dadurch ergeben müssen vermittelt und der grundlegende damit verbundene Wandel begleitet werden sowie das Verständnis für den dafür nötigen gesellschaftlichen Beitrag und Wertschätzung der Landwirtschaft durch die Schulbildung gefördert werden.

Die Themen Klimaschutz und -anpassung zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft müssen daher verstärkt in die Ausbildung landwirtschaftlicher/gartenbaulicher Berufe integriert werden, hierfür bedarf es auch Schulungen/Fortbildungen und Unterstützung der Auszubildenden. Gleiches gilt für die Verankerung des Themas klimaverträglicher und gesundheitsförderlicher Ernährung, Lebensmittelverschwendung und landwirtschaftlicher Wertschöpfung in der Berufsausbildung der Lehrkräfte und Pädagoginnen und Pädagogen zur Integration in die Schulbildung. Insgesamt soll der Beruf der Landwirtinnen und Landwirten als Ökosystemdienstleistende attraktiver gestaltet und in der Gesellschaft wertschätzend wahrgenommen werden.

Inhalt der Maßnahme

- Aufnahme und Entwicklung von verpflichtenden Kursen und Schulungsmaterialien zu den Themen Klimawandel, Klimafolgen und Klimaschutz (Reduktion der landwirtschaftlichen und natürlichen Treibhausgasemissionen inkl. Stoffstrombilanzierung und Lebensmittelverschwendung in der Produktionskette) in die Ausbildung landwirtschaftlicher/gartenbaulicher Berufe
- Integration von Praxiserfahrungen und Pilotprojekten zur Reduktion der THG-Emissionen, neuer Wertschöpfungen (z. B. Paludikultur) und Kulturen in die Ausbildung
- Aufnahme in den Lehrplan und Entwicklung von verpflichtenden Lehrinhalten zu den Themen Klimawandel, Klimafolgen, Klimaschutz und klimaschonende, nachhaltige Ernährung für die Lehramtsausbildung inklusive Fokus auf Lebensmittelverschwendung

Zuordnung zu Handlungsschwerpunkt

Alle im Handlungsfeld Landwirtschaft und Ernährung

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie

Bildung

Information/Beratung/Vernetzung

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit

Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (MBJS)

Mitwirkungsbedarf

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK)

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur (MWFK)

Fristigkeit

Einführung

In Legislatur

Laufzeit

Langfristig

Zielgruppe

Landwirtschaftliche/gartenbauliche Ausbildungsbetriebe

Landwirtschaftsverlage

Hochschulen mit Lehramt-Studiengängen

THG-Minderung

Indirekte Minderung durch langfristige Umsetzung der gelernten Inhalte

Nutzen

Im Zusammenhang mit allen Inhalten der anderen Maßnahmen im Handlungsfeld Landwirtschaft und Ernährung zu sehen.

Frühzeitige Vermittlung der Inhalte zu Klimaschutz/-anpassung befördert den Wandel und kann langfristig zu reduziertem Beratungsbedarf führen

Abbau von Hemmnissen durch Vermittlung von best-practise Beispielen und Erfahrungsaustausch

Aufwand

Direkter Aufwand

Erarbeitung Lehrinhalte für Ausbildung (Schulen, landwirtschaftliche Ausbildung)

Förderung Weiterbildung

4.7 Handlungsfeld 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft

4.7.1 Strategieempfehlungen

Schwerpunkte des Handlungsfelds

Im Handlungsfeld „Abfall und Kreislaufwirtschaft“ werden die anfallenden Abfallmengen und die Emissionen, die aus deren Verwertung und Beseitigung entstehen, adressiert. Das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 in diesem Handlungsfeld wird mit diversen Maßnahmen erreicht, die entsprechend der im Zwischenbericht ermittelten Handlungsbedarfe gemäß Kabinettsbeschluss vom 16.11.2021 in den folgenden Handlungsschwerpunkten angesiedelt sind:

- HS 1: Reduktion von Treibhausgasemissionen auf Deponien und bei der Verbrennung
- HS 2: Nachhaltige Abfall- und Abwasserverwertung
- HS 3: Stärkung der Kreislaufwirtschaft
- HS 4: Reduktion von THG im Abfalltransport

Die **Reduktion der Methanemissionen** aus den Altdeponien sowie die sukzessive Minderung der Abfallmengen in der Verbrennung sind vor allem durch die intensive Deponienachsorge, eine effektivere Sortierung und ein gesteigertes Recycling erreichbar. Auch die Abwasserverwertung verursacht durch Methan und Lachgasemissionen einen Teil der Gesamtemissionen, weshalb es auch hier Konzepte und Maßnahmen braucht, um den ökologischen Fußabdruck dieses Bereichs zu verbessern. Eine (nahezu) geschlossene Kreislaufwirtschaft reduziert die Entsorgung von Rohstoffen auf ein Minimum und trägt zur **Ressourceneffizienz** bei (Müller et al. 2020). Sie hat zudem das Potenzial zur Stärkung der regionalen Wertschöpfung in der Metropolregion Berlin-Brandenburg. Hierfür ist das **Recycling** ein integraler Bestandteil mit zeitgleich positivem Effekt auf den fossilen Ressourcen- und Energieverbrauch in der Industrie sowie bei Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).

Im Handlungsfeld „Abfall und Kreislaufwirtschaft“ wird auch der **Abfalltransport** adressiert. Zentrale Ansatzpunkte sind hierbei, darauf hinzuwirken, die Transportwege kurz zu halten und THG-arme bis -neutrale Transportoptionen zu schaffen, da ein höherer Anschlussgrad an das Trennsystem sowie eine feiner aufgegliederte Trennung und Wertstoffgewinnung zu einer Steigerung des Gesamt-Transportaufwandes führen können.

Bisherige Strategien und Ansätze in Brandenburg

Das Land Brandenburg hat in der Vergangenheit bereits Strategien und Initiativen entwickelt und gefördert, um in diesen Handlungsschwerpunkten aktiv zu werden. Zunächst ist hier die Erstellung und Fortschreibung des **Abfallwirtschaftsplans** zu nennen (MLUK 2012). Dieser wurde zum ersten Mal 1992 entwickelt, um die Neuorganisation der Abfallwirtschaft nach der Wiedervereinigung zu strukturieren sowie die Ablagerung überwachungsbedürftiger Abfälle zu regeln. Mit den Fortschreibungen wurden Aspekte der Kreislaufwirtschaft wie die Behandlung von Organikabfällen und die Getrennterfassung von Wertstoffen integriert. Auch in der noch für dieses Jahr (2022) angekündigten Fortschreibung wird der Fokus auf der Stärkung der Ressourceneffizienz und der effektiven Erfassung von Wertstoffen in Siedlungsabfällen liegen.

Aus den im Koalitionsvertrag der aktuellen Landesregierung festgehaltenen Plänen zur Abfallwirtschaft ging 2020 bereits der **7-Punkte-Maßnahmenplan für einen besseren Umgang mit Kunststoffen** hervor (Linz 2020). Ziel des Plans ist die Reduktion von Plastikabfällen in vielen Bereichen sowie die Vermeidung des Kunststoff-Eintrags in die Umwelt. Die Maßnahmen sind in

sieben Schwerpunkten aufgeschlüsselt und beinhalten die Reduktion von Kunststoff auf dem Acker, Kunststoff in Komposten, Kunststoffverpackungen, Elektroschrott, Coffee-To-Go-Einwegbecher sowie eine Erhöhung der Produkte aus Rezyklaten und der Öffentlichkeitsarbeit.

Im Kontext dieses Maßnahmenplans wurde die **Brandenburger Beratungs- und Vernetzungsstelle zur Verpackungsreduktion (BVVB)** als Kompetenzzentrum an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde eingerichtet (MLUK 2022a). Ziel der Vernetzungsstelle ist es, die Nutzung von Mehrweg- und Reuse-Lösungen im Brandenburger Lebensmitteleinzelhandel voranzubringen und dadurch sinnvolle regionale Lösungen für Verpackungsreduktion zu entwickeln. Neben der Wertschöpfungsketten übergreifenden Vernetzung von Akteuren (Unternehmen, Initiativen) aus der Lebensmittelwirtschaft, setzt die BVVB auf die gemeinschaftliche Erarbeitung von Maßnahmen und Handlungsansätzen zur Stärkung von Mehrweglösungen und die Initiierung und Begleitung konkreter Projekte und Kooperationen.

Der 2020 veröffentlichte „**Brandenburger Leitfaden für die Einführung von Mehrwegbecher-Pfandsystemen**“ (Glahr und Bachmann 2020) dient mittels detaillierter Beschreibung von Problemstellungen, Lösungsansätzen und Instrumenten der Erfolgskontrolle Verwaltungen und Praxisakteuren (bspw. Kommunen und öffentlichen Einrichtungen) in Brandenburg als Handreichung.

Zur Umsetzung der ab 2015 geltenden Regelungen im Kreislaufwirtschaftsgesetz wurde 2014 die **Strategie des Landes Brandenburg zur Erfüllung der Getrenntsammlungspflicht von Bioabfällen aus Haushaltungen** und Erläuterungen zu deren Umsetzung eingeführt (MUGV 2014). Ziel ist hierbei die Umsetzung der Vorgaben in Brandenburg mit Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten. So wird beispielsweise die weit verbreitete Eigenkompostierung als Teil der Strategie mit einbezogen und es werden Vorschläge zu deren Verbesserung gemacht. Zudem wird der Wert der Kaskadennutzung von Organikabfällen in Form einer vorgeschalteten Vergärung zur Biogasgewinnung und nachgeschalteter Kompostierung hervorgehoben.

Seit Inkrafttreten des Zweiten Gesetzes zur Änderung des Brandenburgischen Vergabegesetzes (BbgVergG) am 1. Mai 2021 ist im Land Brandenburg im allgemeinen Vergaberecht in BbgVergG § 3 Satz 4 eine Soll-Vorschrift zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten für Auftraggeber eingeführt, die an § 55 der Landeshaushaltsordnung (LHO) gebunden sind (Behörden des Landes, weitere Stellen nach Definition) (BbgVergG 2021). Damit ist der Ausnahmefall zur nachhaltigen Vergabe zu begründen. In Kombination mit § 27 des Brandenburgischen Abfall- und Bodenschutzgesetzes (BbgAbfBodG 2016) kann dieser Ansatz für den öffentlichen Einkauf die Kreislaufwirtschaft per Priorisierung von Produkten aus Abfällen und Rezyklaten, nachwachsenden Rohstoffen sowie bezüglich Rezyklierbarkeit, Reparaturfähigkeit, Garantien usw. im Einflussbereich der Landesregierung stärken.

Empfehlungen für die Bundes- und EU-Ebene

Da der Großteil der in Brandenburg konsumierten Produkte nicht lokal produziert wird und auch die Verwertung teilweise über die Landesgrenzen hinausgeht (2020 rund 61 Mt laut Destatis (2021b)), beeinflussen die einschlägigen Rahmenbedingungen und Regelungen auf Bundesebene und EU-Ebene den landespolitischen Handlungsspielraum stark. Mit der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG (und deren Änderung 2018/851/EG) gibt die EU grundsätzliche Regelungen zur Abfallentsorgung und -verwertung vor. Diese werden in Deutschland durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz national umgesetzt und teilweise noch erweitert. Flankierend existieren diverse Verordnungen und Gesetze, die spezielle Vorgaben für einzelne Produktgruppen beinhalten. Relevant sind hier insbesondere das Batteriegesetz, das Elektro- und Elektronikgesetz, das Verpackungsgesetz sowie die Gewerbeabfall-, Bioabfall- und Klärschlammverordnung. Die für dieses Handlungsfeld einschlägige Politikstrategie des Bundes ist das Abfallvermeidungsprogramm

(AVP). Im Zuge des im Dezember 2019 vorgestellten **European Green Deal** wurde 2020 von der Europäischen Kommission der **Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft** vorgestellt. Dieser enthält zahlreiche Maßnahmenvorhaben in den Themen nachhaltige Produktpolitik, Produktwertschöpfungsketten und Abfallvermeidung. Beispiele sind die Ausweitung der Ökodesignrichtlinie, erweiterte Recyclingquoten für bestimmte Produktgruppen sowie die Ausarbeitung von Nachhaltigkeitsstrategien für zentrale Abfallarten. Für Textilien wurde diese nun bereits im März 2022 unter dem Namen **EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien** vorgestellt. In dieser werden beispielsweise Ökodesign Anforderungen für Textilerzeugnisse, Kriterien für sichere Chemikalien oder die Einführung eines digitalen Produktpasses eingeführt.

Aufgrund der strategischen Bedeutung und des Einflusses auf Abfallmengen und -qualität besteht nach wie vor noch großes Erweiterungs- und Verbesserungspotenzial im Hinblick auf die nationale und internationale Gesetzgebung. Für die Umsetzung der Empfehlungen in den nachfolgend aufgeführten Kernthemen sollte sich das Land Brandenburg in den Bund-Länder-Gremien, im Bundesrat und bei der Europäischen Union einsetzen, da sie primär auf Ebene des Bundes und der EU entschieden und geregelt werden.

Tabelle 73: Empfehlungen für die Bundes- und EU-Ebene für das Handlungsfeld Abfall und Kreislaufwirtschaft

Quelle: eigene Zusammenstellung

Empfehlung: Das Land Brandenburg sollte sich dafür einsetzen, ...	Begründung
1. Branchenspezifische Kreislaufwirtschaftskonzepte	
... dass für die im Bundesland relevanten Branchen (Metallerzeugung, Kunststoffe und Chemie, Ernährungswirtschaft, Gesundheitswirtschaft etc.) ²⁵¹ - gefördert aus Bundesmitteln - bundesweit harmonisierte, jeweils branchenspezifische Kreislaufwirtschaftskonzepte, Unterstützungsmaterialien und –Beratungsstrukturen entwickelt werden.	Auch wenn die einschlägigen Rechtsvorschriften im Regelfall übergreifend für öffentliche und private Unternehmen gelten, unterscheiden sich die spezifischen Anforderungen, technischen Lösungen und Restriktionen wie auch die Kooperations- und Vernetzungsmöglichkeiten häufig von Branche zu Branche.
2. Abfallvermeidung	
... dass maximale Abfallvermeidung erfolgt. Es bringt deshalb die nationale und internationale Verfügbarkeit und -verbräuche von Rohstoffen proaktiv in die politische Debatte und in künftige Regelungen ein.	Eine effektive und maximale Abfallvermeidung verringert die Abfallmengen und schont somit die natürlichen Ressourcen. Eine effektive Vermeidung kann nur gewährleistet werden, wenn nationale und internationale Rohstoffverfügbarkeiten und -verbräuche zum Gegenstand der

²⁵¹ Spezifische Kreislaufwirtschaftskonzepte sind im Gesundheitssektor und anderen Branchen kaum vorhanden. Hingegen verfügen der Bausektor und die Lebensmittelbranche über eine Vielzahl von Ansätzen und Konzepten. Siehe z. B. unter: <https://www.bmu.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/kreislaufwirtschaft/wertschaetzen-statt-wegwerfen> [12.7.2022].

<p>... das Verbot für Plastik-Einwegartikel auf weitere Produkte auszuweiten.</p>	<p>Debatte und in künftigen Regelungen berücksichtigt werden.</p>
<p>3. Materialstandards</p>	
<p>... dass europaweit einheitliche Materialstandards, besonders im Kunststoff- und Verpackungsbereich, eingeführt werden.</p> <p>... dass auf internationaler und nationaler Ebene gesetzliche Regelungen zugunsten von Monomaterialverpackungen und dem Verbot, mindestens dem weitestgehenden Ersatz, von Verbundverpackungen angestoßen und umgesetzt werden und durch flankierende Innovationsförderung geeignete nachhaltige Verpackungsalternativen zur Marktreife gelangen.</p>	<p>In der Kunststoffsortierung sind auf Nahinfrarot (NIR) – Technologie basierende Sensoren im Einsatz. Die aktuell verwendeten NIR-Sensoren erkennen eine Vielzahl an (neuen) Kunststoff- und Verbundstoffen (noch) nicht.</p> <p>Weiteres Problem: der hohe Ressourcen- und Kostenaufwand macht die sortenreine Trennung und Aufbereitung von schwer oder nicht trennbaren Verbundstoffen (noch) unrentabel, während ihre Varianz und Menge steigt.</p>
<p>4. Rezyklateinsatz</p>	
<p>... dass auf EU-Ebene für möglichst viele Produktgruppen eine jeweils spezifische gesetzliche Mindestrezyklatquote festgelegt und sukzessive bis 2040 gesteigert wird, wie dies bereits für Textilien und Baustoffe im Rahmen des Aktionsplans Kreislaufwirtschaft geschieht.</p> <p>... dass Qualitäts- und Gütestandards für – vor allem Kunststoff – Rezyklate verbindlich eingeführt werden und die anwendungsspezifischen Regelungen zum Einsatz von Rezyklaten verbessert werden.</p> <p>... dass Verpackungsmaterialien aus fossilen Primärrohstoffen unabhängig vom CO₂-Preis verteuert werden.</p>	<p>Vorgaben und Anreize zur Verwendung von Rezyklaten als Materialinput in der Produktion flankieren sinnvoll Vorgaben an das Recycling. Bislang nutzen nur wenige Wirtschafts- und Anwendungsbereiche Rezyklatmaterial überhaupt oder konsequent, teils in begrenzten Massenanteilen.</p> <p>Ein Grund der Firmen momentan davon abhält Rezyklate als Rohstoff zu verwenden, sind die teils sehr unterschiedlichen Materialien und Qualitäten. Einheitliche Qualitätsstandards schaffen Planungs- und Rechtssicherheit.</p> <p>Zusätzlicher Anreiz für den Rezyklat-Einsatz in kunststoffbasiertem Verpackungsmaterial.</p>
<p>5. Recycling</p>	
<p>... dass – bundes- und EU-weit – die Anstrengungen zur Abfallverwertung mit größter Priorität auf die stoffliche Verwertung fokussieren.</p> <p>... dass die Recyclingquoten der stofflichen Verwertung differenziert und nachvollziehbar abgebildet werden und sich auf die tatsächliche, real in Deutschland produzierte Menge an Recyclingmaterial beziehen.</p> <p>... dass das chemische Recycling mit zusätzlichen Mitteln für Forschungs- und Pilotvorhaben weiter vorangetrieben wird.</p>	<p>Die Bundesregierung verschärfte das von der EU vorgegebene Ziel einer Recyclingquote von 50 % bis 2020 auf 65 % und übererfüllte es bereits 2019. Dies betrifft weder alle Abfallgruppen noch die danach tatsächlich einsetzbaren Rezyklatmengen. Die Daten zur Abfallverwertung weisen für 2019 eine für alle Abfallgruppen sehr hohe Verwertungsquote aus, jedoch wird beim Hausmüll als mengenmäßig größter Gruppe lediglich eine stoffliche Verwertung von 16 % erreicht (UBA 2021d). Im selben Jahr wurden lediglich 31 % der angefal-</p>

<p>... dass sich Primärrohstoffe gegenüber Recyclingmaterialien über die Erhebung von Abgaben stetig verteuern.</p>	<p>lenen Kunststoffabfälle als Rezyklate aufbereitet (Conversio 2020). Auf Basis spezifischerer Ziele für Recyclingquoten ließen sich zielgerichteter Strategien und Maßnahmen entwickeln.</p> <p>Das chemische Recycling kann eine sinnvolle Ergänzung zum mechanischen und physikalischen Recycling sein, weshalb konkrete Anwendungsfälle auch unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und insbesondere der klimaneutralen Versorgung der Wirtschaft mit Rohstoffen weiterverfolgt werden sollten.</p> <p>Die Abgabenerhebung auf Primärrohstoffe wird mittlerweile von vielen Akteuren als geeignetes Mittel angesehen, um das Recycling und die Kreislaufwirtschaft zu fördern, sowohl für mineralische als auch organische Primärrohstoffe. Hierzu gibt es auch laufende Debatten auf Bundesebene. Anzustreben ist ein nachhaltiger und planbarer Preisanstieg.</p>
<p>6. Abfallsortierung</p>	
<p>... dass Forschung und Entwicklung für neue Sortiertechnologien gefördert wird.²⁵² Dies gilt sowohl für Innovationen im Sortierbereich wie der Verbesserung von Infrarotsensoren und KI-Einsatz, als auch für eine Co-Finanzierung für die Anschaffung neuester Sortierinfrastruktur für Recyclingunternehmen.</p>	<p>Hohe Trennquoten weiter zu verbessern in der Sortierung von gemischten Abfällen führt durch die Rückgewinnung von Wertstoffen (Metalle, Kunststoff, Organik) zum einen zur Gewinnung vermarktbarer Produkte und zum anderen zu einem verminderten Bedarf an fossilen Rohstoffen.</p>
<p>7. Reduzierte Mehrwertsteuer für Inanspruchnahme professioneller Reparaturservices</p>	
<p>... dass die Mehrwertsteuer auf Reparaturservices gesenkt wird um diese attraktiver und zugänglicher zu gestalten und so die Abfallvermeidung zu fördern</p>	<p>Besonders bei Elektronikgeräten kann eine Reparatur viel zur Einsparung wertvoller Rohstoffe und somit auch indirekt zum Klimaschutz beitragen. Neben Repaircafés, in denen Konsumenten unter Anleitung defekte Produkte selbst reparieren können, sind professionelle Reparaturservices hierzu ein wichtiger Bestandteil</p>

²⁵² Es gibt derzeit die Möglichkeit im Rahmen von spezifischen Förderaufrufen wie beispielsweise der KI-Förderung im Umweltbereich auch Themen wie die Abfallsortierung mit zu beantragen (Förderinitiative "KI-Leuchttürme für Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen" des BMUV). Hier sollte jedoch auf ein eigenes, breiter angelegtes Programm gezielt werden, das den Weg zu „Zero Waste“ unterstützt.

4.7.2 Maßnahmenvorschläge

Die Strategieempfehlungen für die Bundes- und EU-Ebene zeigen, dass der größte Hebel in der Abfallvermeidung und für ein erfolgreiches Recycling nicht primär auf Landesebene liegt. Höhere Recyclingquoten sowie materialspezifische Rezyklateinsatzquoten könnten bereits bundespolitisch umgesetzt werden, während für produktspezifische Rezyklatquoten und das Ökodesign auch aufgrund internationaler Lieferketten mindestens auf europäischer Ebene angesetzt werden muss. Trotzdem hat das Land Brandenburg einige Möglichkeiten, die Materialeffizienz und die Emissionen in der Abfallwirtschaft positiv zu beeinflussen. Die Maßnahmenempfehlungen für das Handlungsfeld Abfall und Kreislaufwirtschaft beinhalten folgende Politikinstrumente:

- Schaffung eines geeigneten Rechtsrahmens,
- Bereitstellung von Fördermitteln für Forschung & Entwicklung,
- Bereitstellen von Beratungskapazitäten und Schaffen von Vernetzungsmöglichkeiten,
- Anstoßen von Pilotprojekten.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen(bündel) orientieren sich an den im vorherigen Abschnitt genannten Handlungsbedarfen sowie an den im Kabinettsbeschluss vom 16.11.2021 dargestellten Handlungsschwerpunkten. Diese sind **Reduktion von Treibhausgasemissionen auf Deponien und bei der Verbrennung** (nachfolgend [HF 6-1](#)), **Nachhaltige Abfallverwertung und Abwasservorbehandlung** ([HF 6-2](#)), **Stärkung der Kreislaufwirtschaft** sowie **Reduktion von CO₂ im Abfalltransport** ([HF 6-5](#)). Der Handlungsschwerpunkt „Stärkung der Kreislaufwirtschaft“ wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit und Konsistenz in die Kategorien der **Produkte** ([HF 6-3](#)) sowie der **Abfallvermeidung** aufgeteilt ([HF 6-4](#)).

Die Erarbeitung der Maßnahmenvorschläge basiert zum einen auf der Auswertung aktueller Literatur wie Studien, Strategie- und Positionspapiere sowie dem fachlichen Austausch mit dem MLUK als zuständigem Ressort. Zum anderen wurden mehrere Ideen, Anmerkungen und Vorschläge aus dem **Beteiligungsprozess** aufgegriffen. Hierbei sind insbesondere die beiden Stakeholder-Workshops sowie die Online-Beteiligung hervorzuheben. Einige der dort vorgeschlagenen Maßnahmen fanden sich bereits in den vorgeschlagenen Maßnahmenentwürfen wieder, darüber hinaus wurden spezielle Maßnahmen(-erweiterungen) im Hinblick auf die lokalen und regionalen Gegebenheiten in Brandenburg aus den Vorschlägen aufgegriffen oder übernommen.

Um die Bewertung der einzelnen Maßnahmenempfehlungen zu ermöglichen, werden die vorgesehenen THG-Minderungen im favorisierten Szenario I bis 2030, soweit möglich, den beschriebenen Handlungsbedarfen zugeordnet. Zwischen 2020 und 2030 werden im Szenario I 0,34 Mt CO_{2e} reduziert. Dies wird bilanziell mit 0,33 Mt CO_{2e} nahezu ausschließlich durch Einsparungen bei den Deponieemissionen erreicht, welche dem Handlungsschwerpunkt „Reduktion von Treibhausgasemissionen auf Deponien und bei der Verbrennung“ zugerechnet werden. Die Reduktionen im Bereich Verbrennung und mechanisch-biologischer Aufbereitung werden aufgrund der verbesserten Trennung sowie des erleichterten Recyclings den Handlungsschwerpunkten Kreislaufwirtschaft - Produkte und Abfallvermeidung zugeordnet.²⁵³

²⁵³ An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass die THG-Emissionen aus dem energetischen Anteil der Abfallverbrennung dem Sektor Energie zugeordnet und somit quantitativ hier keine Rolle spielen, jedoch qualitativ in Bezug auf Strategien zur Abfallreduktion und –Verwertung selbstverständlich schon.

In den folgenden Maßnahmenblättern wird jeweils der Inhalt der Maßnahme und das Ziel beschrieben und in Bezug gesetzt zu Kategorie und Rechtsrahmen, Verantwortlichkeiten, Fristigkeit, Zielgruppe(n), Wirkungsweisen hinsichtlich der voraussichtlichen THG-Minderung sowie Nutzen und Aufwand.

4.7.2.1 HF 6-1: Reduktion von Treibhausgasemissionen auf Deponien und bei der Verbrennung

Beschreibung

Alte Deponien mit hohen Anteilen an Organikabfällen in der Ablagerung gehören in Brandenburg zu den größten Emittenten von Treibhausgasen im KSG-Sektor Abfallwirtschaft. Der häufig anaerobe Zersetzungsprozess setzt unter anderem Methan frei, das ein deutlich höheres Treibhauspotenzial als CO₂ besitzt. Dabei hat die in der Deponieverordnung vorgeschriebene Gaseraffassung auf Siedlungsabfalldeponien bereits zu einer deutlichen Minderung der Gasemissionen aus der Abfallablagerung geführt.

Ziel: Emissionen aus bereits deponierten Abfällen weiter möglichst schnell und stark reduzieren, auffangen und nutzen.

Empfohlene Einzelmaßnahmen

6-1.1 Emissionsreduktion der Ersatzverbrennungsanlage Jänschwalde

Die von der LEAG geplante und vom LfU genehmigte Ersatzverbrennungsanlage in Jänschwalde soll ab 2026 bis zu 480.000 t Abfälle pro Jahr aus Berlin und Brandenburg thermisch verwerten. Je nach Abfallzusammensetzung entstehen dabei jährlich bis zu 500.000 t CO₂-Emissionen, was der Erreichung der Klimaneutralität in Brandenburg bis spätestens 2045 entgegensteht. Um die CO₂-Emissionen der Anlage schrittweise zu reduzieren, gibt es verschiedene Strategien, von denen einige auch Gegenstand dieses Gutachtens sind: Eine deutliche Stärkung der Kreislaufwirtschaft (siehe [HF 6-3](#) und [6-4](#)) senkt z. B. die Abfallmengen, die für die thermische Verwertung perspektivisch noch zur Verfügung stehen. Am 20. Oktober 2022 hat der Deutsche Bundestag zudem die Einbeziehung der Abfallverbrennung in die CO₂-Bepreisung beschlossen, wodurch bei weiter ansteigenden CO₂-Preisen ein wirtschaftlicher Anreiz für eine Reduzierung der Verbrennungsmengen durch Vermeidungsstrategien gegeben ist. Zudem werden die aus Berlin stammenden Abfallmengen gemäß den aktuellen Klimaschutzszenarien für das Land Berlin perspektivisch selbst verwertet und nicht mehr nach Brandenburg exportiert (Hirschl et al. 2021), sodass auch dies die Wirtschaftlichkeit der EVA mindern kann. Die Landesregierung sollte zudem mit Blick auf das Klimaneutralitätsziel gemeinsam mit dem Bund auf eine konsistente und anspruchsvolle Regulierung der Rahmenbedingungen für die Abfallverbrennung hinwirken, die sowohl Emissionsgrenzwerte und CO₂-Bepreisung als auch Strategien zur Abfallvermeidung und Kreislaufwirtschaft umfasst.

6-1.2 Erfassung und Fixierung von Deponiegas

Die Erfassung und Fixierung von Deponiegas wird – soweit technisch und wirtschaftlich zumutbar – auch für Altdeponierungen empfohlen. Das Land Brandenburg sollte in diesem Zuge im Gegensatz zur Verstromung des aufgefangenen Gases (und damit der Freisetzung von CO₂) die stoffliche Verwertung anstreben. Dies kann beispielsweise perspektivisch für Methan durch die neue Technologie der Plasmalyse geschehen, in der Methan zu Wasserstoff und dem sogenannten Carbon Black als festem Kohlenstoff gespalten wird. Um den für die Technologie notwendigen Forschungs- und Entwicklungsprozess zu unterstützen und Erfahrungen zu sammeln, eignet sich die Ausschreibung eines entsprechenden Pilotprojekts.

6-1.3 Ausweitung der Deponiebelüftung

Eine nachträgliche Belüftung von Altdeponien führt zu einer Aerobisierung der Abbauprozesse und somit zu deren Beschleunigung und zur Minderung der Methanemissionen. Im Rahmen der Nationalen Klimaschutz Initiative (NKI) wurde die Aerobe in-situ-Stabilisierung stillgelegter Siedlungsabfalldeponien als Förderschwerpunkt aufgenommen. Eine flächendeckende Beratung zur Inanspruchnahme dieser Fördergelder ist dringend zu empfehlen, ein landeseigenes Beispiel ist

mit dem LK Uckermark bereits vorhanden und zu verbreiten. Für das durch die Belüftung vermehrt entstehende CO₂ sollte die Fixierung durch CCS bzw. CCU geprüft werden und diese Praxis ggf. in die Abfallwirtschaftsplanung mit aufgenommen werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Technologieförderung, Pilotprojekte

Rechtsrahmen: Landesrecht

Verantwortlichkeit

MLUK, MWFK, öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (örE)/ Kommunen

Fristigkeit

Einführung: 6-1.1 mittel- bis langfristig, 6-1.2, 6-1.3 mittel- bis langfristig

Laufzeit: 6-1.1 langfristig, 6-1.2, 6-1.3 langfristig

Zielgruppe

örE, private Entsorger, Bürgerschaft, Unternehmen

THG-Minderung

Eine frühzeitige Belüftung alter Deponiekörper kann den künftigen Methanausstoß aus biologischen Abbauprozessen deutlich reduzieren und die Ausgasung beschleunigen. Bis 2045 kann daher in Kombination mit der Erfassung der Deponiegase mit einem Minderungspotenzial der größten Emissionsquelle von 0,53 Mt CO_{2e} gerechnet werden.

Nutzen

Direkter Nutzen: Erweiterte Deponienachsorge hat starkes THG-Minderungspotenzial, Wasserstoffgewinnung aus Methanplasmalyse

Indirekter Nutzen: Beschleunigte Deponie-Inertisierung, dadurch Nachsorgeaufwand verkürzt

Aufwand

Plasmalyseanlage ca. 2,5 Mio. Euro/ MW für 6-1.2, 0,5 VZÄ für 6-1.3

4.7.2.2 HF 6-2: Nachhaltige Abfallverwertung und Abwasservorbehandlung

Beschreibung

Die **Abfallverwertung** stellt den zentralen Baustein zur Schließung von Rohstoffkreisläufen durch die korrekte Zerlegung, Separation, Wiederverwendung und Recycling dar. Durch die technologische Weiterentwicklung der Sortiersysteme lässt sich das Trennspektrum auf weitere Kunststoffarten und Verbundmaterialien ausweiten, die bisher nur schwer getrennt erfasst werden können. In der biologischen Abfallbehandlung stellt die Vergärung organischer Abfälle zusätzlich zur Kompostierung durch die Gewinnung von Biogas eine Wertschöpfung dar. Der Neubau von emissionsarmen, effizienten Vergärungsanlagen ist Teil der investiven Förderschwerpunkte der NKI.

Die ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung ist eine pflichtige Selbstverwaltungsaufgabe der Gemeinden (Stadtwerke, Zweckverbände, Ämter). Sie leistet einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Brandenburgischen Gewässer, der Siedlungshygiene und Gesundheit aller Brandenburgischen Bürgerschaft. Eine nachhaltige **Abwasserbehandlung** beinhaltet bei dauerhafter Einhaltung der wasserbehördlich vorgegebenen hohen Reinigungsgrade und Leistungsfähigkeit der Klärwerke auch das Auffangen und die Rückgewinnung von wertvollen Nährstoffen. Die relativ neue Technologie der Schmutzwasserplasmalyse²⁵⁴ ist aus Sicht der Energieeffizienz und des Klimaschutzes sehr viel versprechend.

²⁵⁴ Die Technologie der Plasmalyse wird derzeit von Unternehmen wie beispielsweise Graforce pilothaft entwickelt und angewendet (Graforce GmbH 2020). Stickstoff liegt im Abwasser zum größten Teil als Ammonium vor. Dieses ist relativ leicht durch ein energiereiches Plasma in elementaren Stickstoff und Wasserstoff zu spalten. Der Stickstoff kann in die Atmosphäre entweichen, während der Wasserstoff als regenerativer Brennstoff genutzt werden kann.

Weitere Maßnahmen, die im Zuge des Beteiligungsprozesses zum Klimaplan vorgeschlagen wurden, sind weniger dem Klimaschutz, sondern dem Bereich der Anpassung an die Folgen des Klimawandels zuzuordnen. Hierzu gehören die nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung oder der Wunsch nach einer Förderung von Trenntoiletten, mit deren Hilfe Urin als Dünger genutzt, Nährstoffkreisläufe geschlossen und somit Düngemittelbedarfe reduziert werden sollen. Entsprechende Maßnahmen sind im Rahmen der Erarbeitung einer Brandenburger Wasserstrategie und einer Klimaanpassungsstrategie zu diskutieren.

Ziele: Die nachfolgenden Maßnahmenvorschläge verfolgen das Ziel der Reduktion vermeidbarer Abfälle und der bestmöglichen Trennung und Verwertung anfallender Abfälle. Zudem sollen neue Technologien zur Nährstoffentfernung und -rückgewinnung zu einem effizienteren und rohstoffsparenden Abwasserbehandlungssystem beitragen. Klärwerke sollen als potenziell geeignete Standorte für klimaneutrale Zukunftstechnologien wie der Plasmalyse gezielt erschlossen werden.

Empfohlene Einzelmaßnahmen

6-2.1 Potenzialstudie für moderne Sortiertechnologie

Das Land Brandenburg sollte mit Blick auf die Umsetzung des Verbrennungsverbots für verwertbare Abfälle eine Marktstudie zum aktuellen Stand der Technik bei sensorbasierter Sortiertechnologie (insb. auch zum Einsatz von KI) durchführen lassen. Damit können Verbesserungs- und Erweiterungspotenziale aufgezeigt werden. Der Fokus sollte dabei auf die Behandlung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle gelegt werden. Das zur Verfügung stellen der Erkenntnisse und die Schaffung entsprechender Beratungsangebote für Betreiber von Sortieranlagen birgt das Potenzial, das Recycling im Land zu verbessern und weniger recyclebare Kunststoffe in die Verbrennung gelangen zu lassen.

6-2.2 Förderung zum Bau von Vergärungsanlagen

Die Förderung der NKL zum Bau von Vergärungsanlagen sollte im Zuge der nachhaltigen Bioabfallverwertung in Anspruch genommen werden. Dementsprechend gilt es Verwerter beispielsweise mithilfe der Ressourcen der Brandenburger Energieagentur dahingehend zu beraten und zu unterstützen.²⁵⁵

6-2.3 Pilotprojekte zur Schmutzwasserplasmalyse

Da sich die Technologie noch in der Entwicklungsphase befindet, empfiehlt es sich hierfür eine entsprechende Demonstrationsanlage in einem Brandenburger Klärwerk zu fördern.²⁵⁶

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Forschung, Beratung, Technologien, Pilotprojekte

Rechtsrahmen: Landesrecht, Bundesrecht

Verantwortlichkeit

MLUK, MWFK, öRE, MWAE als Auftraggeber / Financier der Energieagentur, Brandenburger Abwasserbetriebe

Fristigkeit

Einführung: 6-2.1, 6-2.2, 6-2.3 mittelfristig

Laufzeit: 6-2.1, 6-2.2 für 2 – 3 Jahre; 6-2.3 für 3 – 4 Jahre

Zielgruppe

Land, Kommunen, Forschung, Haushalte, öRE, private Entsorger, Unternehmen

Zudem können je nach Verfahren signifikante Emissionsmengen von Lachgas eingespart werden, was die direkte Klimabilanz deutlich verbessert.

²⁵⁵ Falls die Förderung zum gegenwärtigen Zeitpunkt zu gering ist, um den Bau von Vergärungsanlagen anzureizen, sollte das Land Brandenburg auf die Fördermittelgeber auf Bundes- und EU-Ebene einwirken, um die Förderung auszuweiten oder es kann die Förderung mit Landesmitteln ergänzen.

²⁵⁶ In Berlin besteht eine solche Pilotanlage bereits am Klärwerk Wassmansdorf. Mit einer zweiten Anlage die strategisch günstig gelegen ist, kann der Anschauungseffekt im Flächenland Brandenburg erhöht werden.

THG-Minderung

Quantitativ: Die Maßnahmen selbst haben nur eine geringe direkte Auswirkung, tragen aber zu einer potenziellen künftigen THG-Minderung bei (siehe Ausführungen im Szenariokapitel 3.6)

Qualitativ: Eine erweiterte Sortierung ist essentiell, um Wertstoffe und recyclebare Stoffe abzutrennen, um sie so nicht zu verbrennen und indirekt um Energie und Ressourcenaufwand von Primärprodukten zu mindern.

Nutzen

Direkter Nutzen: Verbesserte Sortierung führt zu effektiverem und gewinnbringenderem Recycling, Vergärungsanlagen bringen zusätzlich Biogasmengen

Erkenntnisse zur energie- und ressourceneffizienten Stickstoffeliminierung

Indirekter Nutzen: zusätzliche Wertschöpfung durch Vergärungsanlagen und verbesserte Sortierung

Aufwand

ca. 0,5 Mio. € für 6-2.1, 1 VZÄ für 6-2.2, Plasmalyseanlage ca. 2,5 Mio. Euro /MW für 6-2.3

4.7.2.3 HF 6-3: Stärkung der Kreislaufwirtschaft – Produkte

Beschreibung

Nach der in der Europäischen Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG festgeschriebenen Abfallhierarchie hat die Abfallvermeidung oberste Priorität, gefolgt von der Wiederverwendung und dem stofflichen Recycling. Für alle drei Ziele liegt der größte Hebel bereits in der Produktentwicklung. Das Design und die Materialauswahl eines Produkts bestimmen zum größten Teil dessen ökologischen Fußabdruck, die Möglichkeiten der Weiter- und Wiederverwendung sowie der Rezyklierbarkeit und Kreislauffähigkeit.²⁵⁷

Ein wichtiger Hebel für das Recycling (von PCR und PIR Kunststoffen)²⁵⁸ ist die Existenz eines entsprechenden Absatzmarktes. Es ist daher wichtig im Verpackungsbereich, im Bausektor, in der Textilproduktion oder bei Holzfasern einen möglichst hohen Einsatz an Rezyklaten zu erreichen. Hierzu zählt auch das Baustoff-Recycling im Straßenbau, wo bereits heute große Mengen sekundärer Baustoffe wiederverwendet werden.

Bei der biologischen Abfallverwertung sollte eine Getrenntsammlung in der Biotonne Priorität haben. In den Regionen, in denen es aufgrund zu dünner Besiedlungsdichte nicht rentabel ist, sollte eine ökologisch orientierte Eigenkompostierung erfolgen.

Ziel des Maßnahmenbündels ist es daher, die nachhaltige Produktentwicklung zu forcieren, existierende, vorbildhafte Ansätze in Brandenburg zu implementieren und erforderliche Ressourcen für ansässige Unternehmen, Initiativen und andere Akteure in diesem Feld bereitzustellen.

Empfohlene Einzelmaßnahmen

6-3.1 Ideenwettbewerb Ökodesign

Kampagne zur Erhöhung der Beteiligung am Bundeswettbewerb „Bundespreis Ecodesign“, alternativ: Initiieren eines diesem Bundeswettbewerb vorgeschalteten Vorentscheids im Bundesland Brandenburg.

²⁵⁷ Da Warenströme häufig international verlaufen, hat das Land Brandenburg hier nur eingeschränkte Einflussmöglichkeiten. Im Sinne einer Vorbildfunktion und mit Blick auf die Stärkung regionaler Kreisläufe und Resilienz gegenüber unterbrochenen internationalen Lieferketten sollten jedoch insbesondere Produktkonzepte, die auf regionale Rohstoffe und Vorprodukte sowie ökologisches Design und insbesondere Kreislauffähigkeit setzen, unterstützt werden. Eine entsprechende Integration in die Abfallstrategie und -planung ist Teil der Maßnahme 6-4.1.

²⁵⁸ PIR: Post-Industrial Rezyklat, PCR: Post-Consumer Rezyklat. Die jeweilige Bezeichnung gibt Aufschluss über die Herkunft des Materials, das als Abfall angefallen ist. Industrielle Kunststoffabfallströme werden auch als Pre-Consumer Materialien bzw. Rezyklate bezeichnet (IR 2020). Einen Leitfaden für Produkte aus Recyclingkunststoffen bietet das Umweltbundesamt (2020).

6-3.2 Beratungsangebote zum Recyclateinsatz für Hersteller

Entsprechend den Erkenntnissen und Forderungen der u. a. von MLUK initiierten UMK Sondergruppe RESAG, benötigen Hersteller Beratungsangebote zu technisch machbaren Rezyklatquoten, Qualitätssicherung und Vermarktung.

- a) Beratungsangebot zu technisch machbaren Rezyklatquoten, Qualitätssicherung und Vermarktung
- b) Beratung und Unterstützung bei der Antragstellung zur Erlangung des Umweltzeichens „Blauer Engel DE-UZ30a für Produkte aus Recycling-Kunststoffen“
- c) Prüfauftrag, wo die unter a) und b) genannten Beratungsleistungen organisatorisch verankert werden können, bspw. im Aufgabenspektrum der BVVB.

6-3.3 Forcierung der zirkulären Beschaffung (circular procurement)

- a) Vorrang für Produkte aus (anteilig viel) PCR-Kunststoffrezyklat (bspw. im Tiefbau KG-Rohre, Rigolentanks, Leitpfosten und andere Verkehrsleitsysteme, siehe auch bei Müller (2021))
- b) Forcierung der gemeinsamen, gebündelten ökologischen Beschaffung im Sinne des sog. circular procurement in der Metropolregion Berlin-Brandenburg. Ansatzpunkte sind hier bspw. Dienstkleidung²⁵⁹ für die Berliner und Brandenburger Polizei und Justiz, biobasierte Büroartikel (Müller et al. 2018; FNR o. J.) o. Ä.
- c) Kampagne für kommunale Einrichtungen und Unternehmen zu Miet- und Contracting-Modellen bei der Beschaffung hierfür geeigneten Produktgruppen (z. B. IKT, Dienstkleidung), für die vertraglich entsprechende Anforderungen geregelt werden. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass Vertragslaufzeiten mit den ökologisch-wirtschaftlich optimalen Produktnutzungsdauern synchronisiert werden sollten, im Mindestmaßstab der AfA-Tabellen. Klimaschutz und Ressourcenschonung betreffende Vertragsinhalte in Miet- und Contracting-Modellen sind beispielsweise anteilig hohe PCR-Rezyklatquoten im Ursprungsprodukt, Langlebigkeit, Reparierfähigkeit und Reparaturservices, smarte Rücknahmelösungen, Refurbishment und Recycling im Sinne Faser-zu-Faser bzw. Schließung der Stoffkreisläufe.

6-3.4 Vernetzungsangebote für lokale Kreislaufwirtschaft

Um Hersteller und Abfallproduzenten in Brandenburg zu vernetzen kann eine Plattform wie etwa die bundesweit eingeführte IHK-Recyclingbörse unterstützen. Durch eine regionale Erweiterung der Plattform auf Landesebene können auch kleinere Betriebe mit einbezogen und damit auch größere Transportwege vermieden werden. Hierfür bedarf es eines Dialogs von MLUK und MWAE mit der IHK, der Prüfung einer Co-Finanzierung sowie einem Unterstützungsangebot zur Nutzung der Plattform für KMU.

6-3.5 Bereitstellung von Fördermitteln für Forschungsvorhaben zur zügigen Umstellung von fossilen auf biobasierte Verpackungsmaterialien

Hinsichtlich eines nachhaltigen Produktdesigns liegen in der Bioökonomie ebenfalls hohe Potenziale.²⁶⁰ Um die Möglichkeiten und Potenziale einer regionalen Produktion und Anwendung von zugleich robusten (und wo erforderlich lebensmittelechten) biobasierten und biologisch abbaubaren Verpackungsmaterialien in Brandenburg weiterzuentwickeln, sollten entsprechende Forschungs- und Beratungsvorhaben zu diesem Thema unterstützt werden.

6-3.6 Biotonne: Priorität auf Getrenntsammlung, umweltverträgliche Eigenkompostierung

Die Getrenntsammlung in der Biotonne muss in den Regionen, in denen es logistisch sinnvoll ist, konsequent ermöglicht werden. In zu weit abgelegenen Standorten sollte Eigenkompostierung nach ökologischen Kriterien erfolgen. Hierfür sollten die Kommunen der Bürgerschaft erforderliche Informationsmaterialien zur Verfügung stellen, um potenziell Methanemissionen zu vermeiden und zum lokalen Humusaufbau beizutragen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Vernetzung/Beratung, Informationsbereitstellung, Beschaffung, Forschung

Rechtsrahmen: Das Maßnahmenbündel spricht im Wesentlichen den vom Land Brandenburg gestaltbaren Rechtsrahmen an

Verantwortlichkeit

²⁵⁹ Ein Beispiel für einen Anbieter ist hier der Recycler „Märkische Faser“.

²⁶⁰ Mit der Broschüre „Nachhaltige Bioökonomie in Brandenburg“ hat das MLUK bereits 2020 eine Übersicht über den aktuellen Stand der Bioökonomie in Brandenburg herausgegeben (Rupp et al. 2020).

MLUK, MWFK, MWAE sowie zuständige Stellen für öffentliche Beschaffung, Kommunen

Fristigkeit

Einführung: 6-3.1, kurzfristig, 6-3.3 kurz- bis mittelfristig (ggf. differenziert nach Produktgruppen); 6-3.2, 6-3.4, 6-3.5 mittelfristig; 6-3.6 kurz- bis mittelfristig

Laufzeit: 6-3.1 jährlich; 6-3.2, 6-3.3, 6-3.4 langfristig; 6-3.5 für 2 – 3 Jahre; 6-3.6 mittel- bis langfristig

Zielgruppe

örE, private Entsorgungsunternehmen, Unternehmen, Kommunen, Landesverwaltung und Forschungseinrichtungen, private Endverbraucherinnen und -verbraucher, Recyclingunternehmen

THG-Minderung

Die THG-Minderung dieses Maßnahmenbündels lässt sich nicht im Einzelnen quantifizieren, da Emissionen indirekt bzw. im Regelfall als Folgewirkung gesenkt werden. Alle Maßnahmen zielen jedoch darauf, durch sinkende Abfallmengen und weniger Abfallverbrennung zukünftig in erheblichem Umfang zur Emissionsminderung beizutragen.

Nutzen

Direkter Nutzen: Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung zur Abfallvermeidung, Verbreitung und Forcierung von Ökodesign, Verpackungsreduktion und Biokunststoffe, Sharing, Verpackungsfreiheit, Kreislaufwirtschaft

Indirekter Nutzen: Innovation durch ökologische Produktentwicklung, Wertschöpfung durch Vernetzung und Bioökonomiepotenziale

Aufwand

Direkter Aufwand: jeweils 0,5 VZÄ und 0,5 Mio. Euro für 6-3.1, 0,1 Mio. Euro p. a. für 6-3.2, 0,5 VZÄ für 6-3.3; 0,1 Mio. Euro p. a. für 6-3.4, und ca. 1 Mio. € für 6-3.5, 0,5 VZÄ für 6-3.6 (landesseitige Beratung und Koordination für Kommunen bzw. entsprechende Unternehmen)

Indirekter Aufwand: Bekanntmachung des Wettbewerbs, Forschungsvorhabens & Vernetzungsangebots. Erweiterung der Strukturen der BVVB. Zusätzlicher Aufwand bei Umsetzung der Getrenntsammlung

4.7.2.4 HF 6-4: Stärkung der Kreislaufwirtschaft – Abfallvermeidung

Beschreibung

Die für die Abfallwirtschaft entscheidenden Faktoren für eine Klimaneutralität im Sektor Abfallwirtschaft sind eine höhere Ressourceneffizienz durch Abfallvermeidung sowie bessere Abfallverwertung. Während das Recycling in der Regel mit einem gewissen Materialverschleiß einhergeht, können durch Weiternutzen Ressourcen in ihrer ursprünglichen Funktion erhalten bleiben, was letztlich insbesondere bei Produkten mit einem hohen Energie- und Ressourcenverbrauch im Produktionsprozess immer die bessere Option ist. Daher ist die Abfallvermeidung das oberste Ziel der Abfallhierarchie und sollte daher höchste Priorität in der Brandenburger Abfallwirtschaft erhalten. Wesentliche Maßnahmen der Abfallvermeidung im Bereich der Privathaushalte sind die Erhaltung der Gebrauchsfähigkeit (durch Reparaturen) sowie die Weitergabe nicht mehr benötigter gebrauchsfähiger Produkte, aber auch einzelner Komponenten (z. B. über Verschenkmärkte, Second-Läden). Im Bereich der Industrie sowie Gewerbe und Handel tragen u. a. die Reduktion von Verpackungen und gefährlichen Abfällen zur Abfallvermeidung bei. Die Vermeidung kann z. B. über die Entwicklung ressourcenschonenderer Produkte und Prozesse, branchenspezifischer Kommunikationsmaßnahmen und wirtschaftliche Anreize adressiert werden.

Ziel: Reduktion vermeidbarer Abfälle, bestmögliche Trennung und Verwertung der anfallenden Abfälle sowie Nutzungsdauerverlängerung von Produkten und Produktteilen.

Empfohlene Einzelmaßnahmen:

6-4.1 Umsetzung der im Abfallwirtschaftsplan sowie Abfallvermeidungsprogramm enthaltenen Abfallvermeidungsmaßnahmen sowie Fortschreibung der Abfallwirtschaftskonzepte der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger

- a) Die Anforderungen der Klimaneutralität, wie sie das vorliegende Gutachten zum Klimaplan beschreibt, werden in der Fortschreibung des Abfallwirtschaftsplans 2022 korrespondierend

zum 2021 fortgeschriebenen Abfallvermeidungsprogramm des Bundes (AVP) verankert. Die Abfallvermeidung ist ein zentraler Aspekt des Abfallwirtschaftsplans und beschreibt entsprechende Maßnahmen, Förderung und Planungen.²⁶¹ Hierbei ist die Bedeutung von Mehrwegsystemen über die geltenden Mehrwegangebotspflichten hinaus zu betonen, welche neben dem Abfallsektor auch die Handlungsfelder Industrie (HF 2) und Verkehr (HF 4) berühren. Hier empfiehlt das AVP beispielsweise die Einführung weiterer Mehrwegsysteme für Versand- und Transportverpackungen im Versand- und Logistikbereich, um das Aufkommen von Einwegverpackungen zu reduzieren.

- b) Die im Abfallwirtschaftsplan enthaltenen Maßnahmen sind auf Ebene der jeweils angesprochenen Akteure umzusetzen bzw. bestehende vergleichbare Ansätze sind entsprechend weiterzuentwickeln.

6-4.2 Vollzug der Mehrwegangebotspflicht für den Außerhausverzehr und Kampagne zur Förderung verpackungsfreier Produkte und verpackungsreduziertem Konsum

Ab dem 1. Januar 2023 haben Verkaufsstellen für Speisen und Getränke bei Außerhausverzehr alternativ zum Angebot in Einwegverpackungen, von den Kundinnen und Kunden mitgebrachte Mehrwegbehältnisse zu akzeptieren (soweit hygienisch geeignet) und bei größeren Verkaufsstellen auch eigene Mehrwegverpackungen anzubieten. Im Hinblick auf die Angebotspflicht sind die betroffenen Betriebe und Verbraucherinnen und Verbraucher zu informieren und bei der Umsetzung zu begleiten.

Darüber hinaus gibt es im Land bereits einige Einkaufsläden, die (wo derzeit möglich) bei Ihren Produkten komplett auf Verpackungen verzichten. Brandenburg sollte im Rahmen einer Informationskampagne auf die Lösungen und Vorteile verpackungsfreier Produkte aufmerksam machen, Best-Practice Beispiele von Supermarkt- und Discounterketten sammeln sowie bestehende Unverpacktläden prominent über die Kanäle der BVVB aufzeigen.

6-4.3 Breit angelegte Unterstützung für Produktnutzung als „product as a service“

Miet- und Contracting-Modelle können zur Abfallvermeidung beitragen, wenn entsprechende vertragliche Anforderungen dies sicherstellen. Die Konzeption für die Nutzung von Produkten als „product as a service“ beinhaltet das Potenzial einer höheren Nutzungshäufigkeit von Geräten und Werkzeugen.²⁶² Die Stärkung solcher Netzwerke und Anlaufstellen in Brandenburg ist daher wünschenswert und kann beispielsweise durch die Bereitstellung von Räumlichkeiten oder durch Informationsmaterialien geschehen. Auch könnten freiwillige Vereinbarungen mit herstellenden Unternehmen und Verkaufenden der entsprechenden Geräte getroffen werden, um beispielsweise Verleihservices anzubieten.

6-4.4 Unterstützung kommunaler Repaircafés

In Brandenburg und anderen Ländern bestehen hierzu bereits Reparaturinitiativen wie Repaircafés, in denen die Bürgerinnen und Bürger unter Anleitung defekte Produkte wieder funktionsfähig machen können. Das Land kann gemeinsam mit den Kommunen solche Initiativen mit der Bereitstellung von Räumen, Leitfäden und Informationsmaterial unterstützen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Planung, Beratung

Rechtsrahmen: Landesrecht (z. B. Anpassung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) für Kantinen im Geschäftsbereich der Landesministerien zur Einführung eines Mehrweg-to-go Systems in Kantinen)

Verantwortlichkeit

MLUK, MWFK, öRE, MWAE

²⁶¹ Als Beispiel für eine weitreichende Zielsetzung sei hier die Implementierung des Leitbilds „Zero Waste“ in das Berliner Abfallwirtschaftskonzept genannt (SenUVK 2021).

²⁶² Beispiele für derartige Initiativen gibt es in kleinem Maßstab bereits, z. B. nebenan.de, frents.com, Schmitzundkuntz.

Fristigkeit

Einführung: 6-4.1 kurzfristig; 6-4.2, 6-4.3 (ggf. differenziert nach Produktgruppen), 6-4.4 kurz- bis mittelfristig

Laufzeit: 6-4.1 bis Veröffentlichung des AWP; 6-4.2 bis zur Einführung, 6-4.3 langfristig bzw. 2 – 3 Jahre für Kampagne, 6-4.4 mittel- bis längerfristig, sollte in kommunale Strukturen überführt werden

Zielgruppe

örE, private Entsorgungsunternehmen, Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen

THG-Minderung

Abfallvermeidung lässt sich nicht ohne maßnahmenspezifische Erhebungen in direkte THG-Minderungen übersetzen. Die vermiedene Produktion sowie die hierdurch eingesparte Verwertung hat jedoch den größten Minderungseffekt aller Abfallverwertungswege.

Nutzen

Direkter Nutzen: Verminderter Aufwand in der Abfallentsorgung, zukunftsichere Abfallplanung

Indirekter Nutzen: Einsparung wertvoller Ressourcen durch Verlängerung der Nutzungszeit

Aufwand

Direkter Aufwand: jeweils 0,5 VZÄ für 6-4.3, 6-4.4 (landesseitige Beratung und Koordination für Kommunen bzw. entsprechende Unternehmen); ca. 0,5 Mio. Euro für 6-4.2,

Indirekter Aufwand: Zusätzlicher Aufwand bei Fortschreibung von Abfallwirtschaftskonzepten sowie Umsetzung von Maßnahmen

4.7.2.5 HF 6-5: Reduktion von CO₂ im Abfalltransport**Beschreibung**

Das sogenannte Näheprinzip ist mit Artikel 16 bereits in der EU-Abfallrahmenrichtlinie (2008/98/EG) verankert. Die konsequente Umsetzung des Näheprinzips würde aber der Vergabe von Entsorgungsleistungen im Wettbewerb im Wege stehen. Daher gibt es neben regional organisierten Stoffströmen insbesondere in der kommunalen Entsorgung immer wieder auch überregionale Stoffströme z. B. bei Restabfällen, welche auf mehrjährigen Entsorgungsverträgen beruhen. Ergänzend kommt hinzu, dass in den vergangenen Jahrzehnten der intermodale Transport (Straße/Wasser/Schiene) sich fast vollständig auf die Straße verlagert hat.

Ziel ist es, das Transportaufkommen in Tonnenkilometern bei der kommunalen Abfallentsorgung insgesamt zu reduzieren, sowie die transportbedingten Emissionen zu reduzieren.

Empfohlene Einzelmaßnahmen**6-5.1 Vergabesystem anpassen**

Um bei öffentlichen Vergaben von Entsorgungsleistungen die Transportemissionen angemessen berücksichtigen zu können, bedarf es geeigneter Wertungskriterien. Bei der Aufstellung derartiger Wertungskriterien sind neben den reinen Transportentfernungen zwischen Anfallstelle/Sammelgebiet und Entsorgungsanlage auch die Nutzung verschiedener Transportmittel, eine Kombination aus diesen sowie verschiedene Antriebstechniken mit den jeweils unterschiedlichen Emissionsbeiträgen zu berücksichtigen. Selbstverständlich einzuhalten sind die für öffentliche Auftraggebende verbindlichen Mindestquoten für Fahrzeugneukauf, die das Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungsgesetz (SaubFahrzeugBeschG) regelt.

6-5.2 Nachhaltige Antriebsarten

Flankierend zur Notwendigkeit kurzer Transportwege ist die sukzessive Umstellung der Antriebsart im Abfalltransport eine wichtige Maßnahme zum Klimaschutz. Das bundesweite Förderprogramm Elektromobilität bietet hierzu Fördergelder für Nutzfahrzeuge an, die von den öffentlich-

rechtlichen Entsorgern in Anspruch genommen werden sollten²⁶³ (siehe hierzu auch beim HF Verkehr und Mobilität die [Maßnahme 4-12](#)).

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: öffentliche Vergabe, Inanspruchnahme von Fördergeldern

Rechtsrahmen: Vergaberecht, nationales Förderprogramm

Verantwortlichkeit

Zuständigkeit: MLUK, MIL, MWAE

Fristigkeit

Einführung: Mittelfristig

Laufzeit: 6-5.1 Langzeitmaßnahme, 6-5.2 für 2 – 3 Jahre

Zielgruppe

örE, private Entsorger

THG-Minderung

6-5.1 nicht genau quantifizierbar,

6-5.2 Es wird geschätzt, dass durch die Umstellung auf elektrischen Betrieb pro Fahrzeug und Jahr rund 30 t CO_{2e} durch die wegfallende Dieselverbrennung eingespart werden können

Nutzen

Direkter Nutzen: Reduzierte Transportstrecken mindern den Treibstoffverbrauch und das Verkehrsaufkommen

Indirekter Nutzen: Elektrisch betriebene Entsorgungsfahrzeuge können Signalwirkung entfalten, geringere Transportdistanzen vermindern Lärm- und Schadstoffbelastung

Aufwand

Direkter Aufwand: jeweils ca. 0,5 VZÄ für 6-5.1 und 6-5.2

²⁶³ Beispiele für die Umstellung auf Elektroantriebe im Abfalltransport finden sich bei der Freiburger Stadtreinigung, die seit 2017 auf elektrisch betriebene Kehrfahrzeuge setzt (ASF 2021), auch ein substantieller Teil des Fuhrparks der Berliner Stadtreinigung BSR fährt mit alternativen Antrieben (größere Fahrzeuge mit Biodiesel, der aus der Sammlung der Berliner Biotonne produziert wird, PKW und Kleintransporter sind überwiegend Elektrofahrzeuge, BSR (2022).

4.8 Handlungsfeld 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung

Die nachfolgend dargestellten Strategie- und Maßnahmenempfehlungen basieren auf den im Effizienzscenario (Scenario I) dargestellten Reduktionspotenzialen (siehe Abschnitt 3.7.3). Die gutachterlich ausgearbeiteten Maßnahmen sind in einem breit angelegten Beteiligungsprozess diskutiert worden. Aus diesem Prozess, insbesondere den Workshops und der Online-Beteiligung, aber auch in einer Vielzahl von parallelen Abstimmungen, sind Hinweise gegeben worden, die zum Großteil die gutachterlichen Vorschläge unterstützen und spezifizieren.

Eine große Zustimmung und häufige Nennung hat die Steigerung des Waldumbaus und nachhaltige Forstwirtschaft sowie die Wiedervernässung von (Wald-)Mooren erhalten. Darüber hinaus wurde im Maßnahmenbereich zu Wald die Reduktion der Schalenwildbestände, Förderung von Baumschulen und Erhöhung des Totholzanteils oft genannt. Im Bereich Offenland und Moorschutz wurde, neben einer grundsätzlichen Schaffung der Voraussetzung zur Wiedervernässung mit bspw. regulierbaren und zu erneuernden Stauanlagen, eine Investitionsförderung und Leihbörsen für spezielles Bewirtschaftungsgerät für Moorflächen, sowie eine komplette Infrastruktur für die Bewirtschaftung von wiedervernässten Moorflächen inkl. Schlachtung von speziellem Weidewieh und der Aufbau von Absatzmärkten für Paludi-Kultur vorgeschlagen. Kritisch im Hinblick auf politische und gesellschaftliche Umsetzbarkeit sowie Kosteneffizienz wurde hingegen der öffentliche Flächenankauf von zu wiedervernässten Flächen gesehen. Im Bereich sonstige Nutzung und Siedlungsentwicklung wurde eine Reduzierung der Flächeninanspruchnahme häufig genannt.

4.8.1 Strategieempfehlungen

Wie im Abschnitt 3.8 dargelegt, können maßnahmenbedingt im Sektor „LULUCF“ nicht nur Emissionsquellen gemindert, sondern auch Emissionssenken, also die Speicherung von klimaschädlichen Gasen durch natürliche Speicherprozesse, initiiert oder optimiert werden. Entsprechend der in Abschnitt 3.8.3 formulierten Szenarienbestandteile werden für das Handlungsfeld „Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung“, welches inhaltlich im Wesentlichen deckungsgleich mit dem Sektor „LULUCF“ ist, folgende Handlungsschwerpunkte unterschieden:

- Klimaangepasste und klimaschonende Waldbewirtschaftung; Schutz der Wälder; Waldflächenvermehrung
- Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung mineralischer Böden und Steigerung der Offenland-Biomasse
- Moorschutz sowie nachhaltige Bewirtschaftung von Moorböden und sonstigen organischen Böden
- Klimaschonende Flächennutzung/Siedlungs- und Regionalentwicklung (übergreifender Handlungsschwerpunkt)

Der Handlungsschwerpunkt „Klimaangepasste und klimaschonende Waldbewirtschaftung; Schutz der Wälder; Waldflächenvermehrung“ behandelt entsprechend der Potenziale die einzige, im Land Brandenburg befindliche natürliche Senke von THG-Emissionen, der Handlungsschwerpunkt „Moorschutz sowie nachhaltige Bewirtschaftung von Moorböden und sonstigen organischen Böden“ ist aufgrund der Emissionen aus Niedermooren im Offenland die mit Abstand größte natürliche THG-Emissionsquelle, der Umfang entspricht im Jahr 2020 beispielsweise dem 1,5-fachen aller Gebäudeemissionen und liegt auch deutlich über den Verkehrsemissionen in

Brandenburg.²⁶⁴ Hingegen sind die THG-Emissionen aus dem Handlungsschwerpunkt „Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung mineralischer Böden und Steigerung der Offenland-Biomasse“ sowie dem Handlungsschwerpunkt „Klimaschonende Flächennutzung/Siedlungs- und Regionalentwicklung“ um Größenordnungen geringer. Sie spielen trotzdem eine bedeutende Rolle, weil sie in direktem oder indirektem funktionellem oder flächenbezogenem Zusammenhang mit den anderen Handlungsschwerpunkten stehen und darüber hinaus Emissionsbeiträge aller genannten Handlungsschwerpunkte für die Zielerreichung optimiert werden müssen.

Grundsätze zur Flächenentwicklung

Landnutzungsemissionen sind ausnahmslos flächenbezogen. Die Analyse von THG-Emissionen in Hinblick auf Art, Intensität und (Flächen-)umfang von Landnutzung, die seitens des Klimaplan selbstverständlich fokussiert wird, ist eine relativ neue, aber beileibe nicht die einzige Betrachtungsebene der Landschaft. Vielmehr müssen immer auch alle weiteren Landnutzungs- bzw. Landschaftsfunktionen berücksichtigt werden.

Mit 85 Einwohnerinnen und Einwohner pro km² ist Brandenburg vor Mecklenburg-Vorpommern das Land mit der zweitgeringsten Einwohnerdichte in Deutschland. Trotzdem ist Brandenburg, funktional betrachtet, nicht leer. Etwa ein Drittel der Landesfläche ist Wald, knapp die Hälfte sind Landwirtschaftsflächen, nur ca. 9 Prozent sind Siedlungs- und Verkehrsflächen. Die Optimierung landschaftsbezogener Emissionen ist maßgeblich an Flächen und deren Funktionen gebunden. Sobald notwendige Transformationen von Art und Intensität von Nutzungen für eine Emissionsoptimierung nicht ausreichen, werden flächenbezogene Transformationen, also eine Änderung der Hauptnutzung notwendig.

Die unterschiedlichen Raumnutzungen werden ergänzt oder überlagert durch weitere Landschaftsfunktionen (Schutzgüter) wie dem Erhalt von Ökosystemleistungen (bspw. Grundwasserneubildung, klimatische Ausgleichsräume, etc.), den Schutzfunktionen (nationaler und europäischer Arten- und Biotopschutz, Gewässerschutz, Bodenschutz, Grundwasserschutz, etc.), aber auch der Erholungsfunktion und nicht zuletzt dem Erhalt des Landschaftsbildes und damit dem regionaltypischen Charakter von Brandenburg. Die Natura 2000-Gebietskulisse (FFH- und Vogelschutzgebiete) des Landes Brandenburg umfasst einen Anteil von rund 26 % an der Landesfläche. Größtenteils innerhalb der Natura 2000-Gebietskulisse sind Naturschutzgebiete mit einem Anteil von 8,2 % ausgewiesen. Weiterhin haben Landschaftsschutzgebiete einen Anteil von 33,9 % an der Landesfläche. Die Flächen der Schutzgebiete überlagern sich teilweise.

Auftretende Zielkonflikte können damit die Möglichkeiten für eine aus Sicht des Klimaplan zur Erreichung der Klimaneutralität notwendige Emissionsoptimierung, maßgeblich beeinflussen, ihre Betrachtung ist jedoch gutachterlicherseits unerlässlich. Die Strategieentwicklung des Handlungsfelds folgt entsprechend den nachstehenden Grundsätzen:

- Bei der unter Klimaschutzgesichtspunkten notwendigen Transformation von Landschaft müssen die Entwicklungsziele des Landschaftsprogramms Brandenburg und die Teilfortschreibungen des LaPro berücksichtigt werden (MLUK 2021a).
- Der Erhalt landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Produktion ist sicherzustellen. Wenn Transformationsprozesse die land- und forstwirtschaftliche Produktion beeinflussen, stehen

²⁶⁴ Eine theoretisch mögliche vollständige Reduktion der Mooremissionen und die Transformation hin zu einer Senke, ist aufgrund der klimatischen Verhältnisse und der tatsächlichen Realnutzung in der Gesamtbilanz des Landes nicht möglich.

die Entwicklung alternativer Nutzungen im Vordergrund von Klimaschutzmaßnahmen. Nutzungsaufgaben zum Zweck des Klimaschutzes sollen nur bei Vorliegen weiterer, ergänzender Landschaftsfunktionen infrage kommen.

- Landschaftsbezogene Schutzfunktionen müssen unter Anwendung des jeweiligen Fachrechtes beachtet werden. Sollten Zielkonflikte mit den aus der Sicht des Klimaschutzes notwendigen Transformationen bestehen, werden im Rahmen dieses Gutachtens die notwendigen inhaltlichen bzw. fachrechtlichen Anpassungen benannt.
- Weitere Ökosystemleistungen müssen beachtet werden. Insbesondere sind die Anforderungen der Klimawandelanpassung in die Maßnahmenentwicklung einzubeziehen.
- Weitere bestehende oder in Aufstellung befindliche landschaftsrelevante Landesstrategien wie die Nachhaltigkeitsstrategie, das Maßnahmenprogramm Biologische Vielfalt Brandenburg, die Biomassestrategie, die Holzbauoffensive, die Ernährungsstrategie, das Moorschutzprogramm, etc. müssen, sofern möglich, beachtet werden.
- Aufgrund der Endlichkeit der „Ressource Fläche“ und den vielfältigen Ansprüchen an Landschaft, folgen die Klimaschutzmaßnahmen dem Primat der Schaffung multifunktionaler Landschaftsnutzungen, beispielsweise Agroforst, Agri-PV, Moor-PV, etc.

Das Klimaplangutachten kann die notwendigen Schritte zur Landschaftsentwicklung nur aus Sicht des Klimaschutzes benennen. Die Entwicklung weitergehender strategischer Leitbilder und Ziele hin zu einer klimaoptimierten Landschaft unter Einhaltung der oben genannten Grundsätze muss Gegenstand weitergehender strategischer Planungen auf allen Ebenen und von Regierungshandeln insgesamt sein.

4.8.1.1 Handlungsschwerpunkt Klimaangepasste und klimaschonende Waldbewirtschaftung; Schutz der Wälder; Waldflächenvermehrung

Mit einer Senkenleistung in Höhe von 4,58 Mt CO_{2e} im Jahr 2020 ist der Wald die einzige relevante CO₂-Senke in Brandenburg. Zahlenmäßig betrachtet würde diese Senke damit bspw. alle aktuellen Emissionen der Gebäude in Brandenburg kompensieren können. Gemäß Zieldefinition des Klimaplangutachtens zur Erreichung der Klimaneutralität muss der Wald nicht nur die Emissionen im Sektor LULUCF (v. a. Niedermooremissionen), sondern auch die restlichen Emissionen der Landwirtschaft und, falls möglich, darüber hinaus die verbleibenden Emissionen der übrigen Sektoren kompensieren. Aufgrund von Klimawandelfolgen wird die Senkenleistung der Brandenburger Wälder im Zeitraum bis 2045 wesentlich abnehmen. Es ist das vordringliche strategische Ziel, dieser Abnahme entgegenzuwirken und sie auf dem aktuellen Niveau zu stabilisieren.

Gemäß den in den beiden Zielszenarien formulierten Bilanzansätzen ist grundsätzlich der Erhalt bzw. die Optimierung der unterschiedenen Kohlenstoffpools, insbesondere der Biomassepool und der Kohlenstoffpool des mineralischen (Humus) und organischen Bodens im Wald das wesentliche strategische Ziel der Waldentwicklung. Negative Auswirkungen auf diese Kohlenstoffpools geschehen einerseits durch Klimawandelfolgen (Hitze, Dürre und damit direkt oder indirekt verbundene Kalamitäten und sonstige Schäden), andererseits durch die forstliche Nutzung. Ein mittlerweile unterstellter erhöhter Holzzuwachs durch eine klimawandelbedingte Verlängerung der Vegetationsperiode, wird in allen derzeit existierenden Modellen durch die genannten Klimawirkungen und Kalamitäten, aber auch durch den verstärkten Anbau anderer, zuwachsschwächere Baumarten negativ überkompensiert.

Eine Erhöhung der Resilienz gegenüber klimawandelbedingten Risiken und Schäden muss vor allem durch den aktiven und passiven Umbau zu klimaplastischen Wäldern (Verbindung von Kli-

maschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen und -strategien) unter grundsätzlicher Beibehaltung der forstlichen Nutzung auf den überwiegenden Waldflächenanteilen erreicht werden. Existierende Reinbestände sollen zu artenreichen und klimatoleranten Mischwäldern umgewandelt werden. Weiterer Fokus liegt auf der Optimierung der Kohlenstoffspeicherung des Waldbodens, der Mehrung und des Erhalts von Totholz und Streu.

Jegliche forstliche Nutzung muss andererseits den Grundsätzen der nachhaltigen Forstwirtschaft folgen. Dieser Grundsatz ist für die Forstwirtschaft in Deutschland keineswegs neu. Im Gegenteil ist es ein wesentlicher betriebswirtschaftlicher Grundsatz, dass der Holzvorrat (und damit ein wesentlicher Teil des Kohlenstoffpools) über Generationen hinweg erhalten und damit nachhaltig nutzbar bleibt. In Diskussion steht damit nicht das übergeordnete Planungsprinzip der Nachhaltigkeit, sondern eher die einzelnen strategischen Komponenten zur Zielerreichung. Die grundsätzliche Ausrichtung dieser Komponenten wurde bereits oben aufgezeigt. Festzustellen ist jedoch auch, dass eine forstliche Nutzung unter Klimawandelbedingungen deutlich extensivere Formen annehmen muss, die Entnahme von Holz aus dem Wald wird schlicht durch den verringerten Zuwachs in der Gesamtsumme begrenzt (s. o.). Die ermittelten Zuwachsverluste der Thünen-Submission (siehe im Szenarienabschnitt) müssen durch die BWI 2022 belegt und präzisiert werden.

In der Konsequenz bedeutet das, dass beide strategischen Teilziele, Resilienzsteigerung und nachhaltige Nutzung eng miteinander verwoben werden müssen. Das heißt, dass sowohl eine deutliche Steigerung der Waldumbauaktivitäten als auch parallel dazu eine weitgehende Etablierung einer naturgemäßen Waldwirtschaft in Verbindung mit Naturverjüngung empfohlen wird. Daneben sollen ausgewählte Waldbestände, hier vor allem mittlere und alte Laubwaldbestände aus der Nutzung genommen werden, um dort den Kohlenstoffspeicher im Bestand zu vergrößern (Naturwaldzellen, Schutzgebiete) und den weiteren Waldfunktionen (Artenschutz, Biodiversität) Rechnung zu tragen. Kalkulatorisch können ca. 10 % der Waldflächen Brandenburg, vornehmlich auf Flächen des Landes aus der Nutzung genommen werden. Daneben kann die Schaffung von Naturwaldparzellen vor allem in den ausgedehnten, monostrukturierten Kiefern-Reinbeständen auf weiteren 10 % der Waldfläche für den Waldumbau eine wichtige Rolle spielen (Samenspendler, Landschaftswasserhaushalt, etc.). Auswahl und Lage der zu schaffenden Naturwaldzellen als Biotopverbundelemente muss auf Basis eines Biotopanrechnungsgutachtens konzeptionell untersetzt werden. Grundsätzlich kommen hierfür alle Eigentumsarten infrage, ein notwendiger öffentlicher Flächenerwerb ist zu prüfen.

Um den gewünschten Zuwachs der Kohlenstoffpools durch natürliche Prozesse überhaupt zu erreichen, ist eine wesentliche Verringerung der Schalenwildbestände notwendig. Diesbezügliche Reformen des Jagdrechts in Brandenburg sind elementarer Bestandteil der waldbaulichen Strategien in Brandenburg aus Sicht des Klimaschutzes. Auch die konsequente Beibehaltung des gesetzlichen Schutzes der Wolfpopulation ist in diesem Zusammenhang für eine Regulierung der Wildbestände notwendig und sinnvoll.

Bereits im Szenarienabschnitt 3.8.2.2 wurde ebenfalls bereits auf die Problematik der zeitlichen Anforderungen des Klimaplan Brandenburg bis 2045 als Jahr der Zielerreichung versus forstlichen Planungshorizonten, realistischerweise bis zum Ende des Jahrhunderts hingewiesen. Folgt man dem aus dieser Sicht extrem kurzen zeitlichen Rahmen des Klimaplan, lassen sich direkt Rückschlüsse auf die konkreten Formen der einzelnen Aktivitäten zur Waldentwicklung ableiten. Waldumbau, wie auch alle anderen Aktivitäten zur Waldentwicklung, müssen dementsprechend weitgehend unter Erhalt der Kohlenstoffpools erfolgen, hauptsächlich basierend auf Naturverjüngungsprozessen. Waldverjüngung in unterschiedlichen Ausprägungen, also auch viele Formen der kahlschlagsfreien Bewirtschaftung, bedeuten zunächst einen Abbau des Kohlenstoffpools mit der nachfolgenden Problematik, dass sich besagte Pools im kurzen Zeitraum bis 2045 nicht wieder adäquat aufbauen lassen. Flächenhafte Waldverjüngung durch Kahlschlag sollten deshalb

möglichst vermieden werden. Sie sollten auf Kahlflächen nach Kalamitäten begrenzt werden, wo eine Naturverjüngung nicht oder nicht schnell genug stattfinden kann.

Beide Szenarien formulieren genau in diesem Bereich unterschiedliche Teilstrategien. Das Leitbild „Extensivierung / Speicherung“ vermeidet grundsätzlich jede Art von negativen Eingriffen in die Speicherpools im Wald. Aus genanntem Umstand ist eine Transformation des Waldes bis 2045 begrenzt, Baumartenanteile und Mischungen verändern sich nur langsam, die heimische Kiefer bleibt aber die häufigste Baumart, wenn auch in geringeren Anteilen und deutlich vermehrt in Mischungen. Die Holzentnahme aus dem Wald sinkt deutlich, was negativen Einfluss auf den Holzproduktespeicher hat. Das waldbauliche Leitbild „Holzproduktion“ im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ setzt dagegen auf eine deutliche Erhöhung klimaresilienter Baumarten und damit auf mehr Bestandesneubegründungen. Die damit erreichbare zusätzliche Senkenleistung ist im Zeithorizont des Klimaplanes geringer; über 2045 hinaus ist jedoch mit einer insgesamt höheren Klimaleistung zu rechnen. Durch deutlich weniger Extensivierungs- (Naturwald-)flächen wird eine höhere Holzentnahme möglich, die damit für den Holzbau und weitere langlebige Holzprodukte (Holzproduktespeicher) zu Verfügung steht.

Beide Szenarien erreichen das geforderte Ergebnis der Stabilisierung der Senkenleistung auf dem Stand 2020 nur durch Waldumbau und Extensivierung in den formulierten strategischen Teilausrichtungen nicht. Damit wird es notwendig, die Gesamtwaldfläche in Brandenburg durch Erstaufforstung deutlich zu vergrößern. Der Umfang unterscheidet sich in den beiden genannten Szenarien deutlich. Eine Diskussion über den notwendigen Umfang wird auch in Zusammenhang mit der zu erwartenden sonstigen Flächeninanspruchnahme und den Flächenkonkurrenzen zu anderen Landnutzungen geführt.

Ein wesentlicher Zielkonflikt ist dabei der weitgehende Erhalt landwirtschaftlicher Nutzfläche. Tabelle 47 zeigt, dass mineralische Ackerstandorte aus Sicht der Kohlenstoffpools, zusammen mit Siedlungsflächen, die für eine Erstaufforstung aus praktischen Gründen nicht zu Verfügung stehen, den größten positiven Effekt unter den Hauptnutzungsarten haben können. Eine Nutzung sonstiger Flächen, insbesondere Sonderstandorte wie ehemalige militärische Liegenschaften außerhalb von Schutzgebieten, Bergbaufolgelandschaften, sonstige Brachflächen, ehemalige Rieselfelder, etc. müsste im Einzelfall genauer untersucht werden, um die Klimaschutzwirkung einer hierauf stattfindenden Erstaufforstung zu beurteilen. Auch die Frage, inwieweit solche Sonderstandorte in nennenswertem Umfang überhaupt zur Verfügung stehen, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Die Frage der Nutzung mineralischer Ackerstandorte für eine Erstaufforstung muss gleichzeitig auch vor dem Hintergrund von in Zukunft durch Klimawandelfolgen deutlich geringeren Deckungsbeiträgen insbesondere auf armen Ackerstandorten in Brandenburg diskutiert werden. Es ist absehbar, dass der Umfang von Grenzertragsstandorten zunehmen wird, die aus betriebswirtschaftlicher Betrachtung damit als Erstaufforstungsflächen in Frage kommen können.

Das Maßnahmenset in Abschnitt 4.8.2.1 basiert auf dem waldbaulichen Leitbild „Extensivierung / Speicherung“. In der Realität werden jedoch - schon wegen bestehender starker Standortunterschiede - die strategischen Ansätze beider Leitbilder praktiziert werden. Das räumliche Nebeneinander unterschiedlicher, im Grundsatz widersprüchlicher Strategien erfüllt damit die unterschiedlichen Klimaschutzanforderungen (Kohlenstoffspeicher, Holzproduktespeicher, in bestimmten Maß auch stoffliche und energetische Substitution) in einer ganzheitlichen Betrachtung (SCOPE-3), dient dem Schutz der Biodiversität und der Bereitstellung anderer wichtiger Ökosystemleistungen, erfüllt weitere Waldfunktionen wie Erholung und erhöht gleichzeitig die Resilienz vor dem Hintergrund sich dynamisch entwickelnder Klimawandelfolgen durch **Risikostreung**. Gerade letztgenannter Aspekt ist ebenfalls ein wesentlicher Grundsatz nachhaltiger Forstwirtschaft.

Die aktuelle energiepolitische Entwicklung mit einem weitgehenden Wegfall von russischem Gas birgt die unmittelbare Gefahr einer Übernutzung der Wälder in Brandenburg durch eine potenziell stark steigende energetische Substitution. Um die Holzentnahme aus den Wäldern innerhalb der Nachhaltigkeitsbedingungen halten zu können, ist es erforderlich, die rechnerisch ermittelten Beschränkungen auch tatsächlich einzuhalten. Holzverwendung sollte mit Vorrang der Kaskadennutzung erfolgen (s. o.).

Gleicher Grundsatz gilt ebenso für den nachhaltigen Schutz der Waldflächen insgesamt. Insbesondere durch die Flächenkonkurrenz zu Energieerzeugung, v. a. Freiflächenphotovoltaik aber auch Windkraft, geht mit der Reduktion der Waldfläche ein Rückgang der einzigen in Brandenburg vorhandenen natürlichen Senke einher. Der Erhalt aller Waldstandorte bzw. der Schutz vor Inanspruchnahme von Waldflächen für Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung sowie für die Energieerzeugung muss als strategisches Landesziel definiert werden. Eine diesbezügliche landes- bzw. regionalplanerische Steuerung der Flächen für Erneuerbare Energien über den bislang existierenden Umfang hinaus ist möglich und sinnvoll.

4.8.1.2 Handlungsschwerpunkt Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung mineralischer Böden und Steigerung der Offenland-Biomasse

Emissionen aus mineralischen Böden und Senken durch Offenland-Biomasse sind zwar bilanziell Teil des Sektors LULUCF und dementsprechend hier als Handlungsschwerpunkt definiert. Die zugehörige Maßnahme [5-6](#) zur Erhöhung des Anteils an gehölzartigen Landschaftselementen ist aufgrund sachlicher Bezüge Teil des Handlungsfelds „Landwirtschaft und Ernährung“.²⁶⁵

Auch die klimaoptimierte (landwirtschaftliche) Bewirtschaftung mineralischer Böden ist im Kontext des Handlungsfeldes „Landwirtschaft und Ernährung“ definiert. Der hier fokussierte Kohlenstoffpool im Boden durch Förderung der Humusanteils ist dabei nicht singulär an eine einzelne Maßnahme der Landwirtschaft gekoppelt, sondern schwerpunktmäßig in den Maßnahmen [5-5](#), [5-8](#) und [5-9](#) verankert.

4.8.1.3 Handlungsschwerpunkt Moorschutz sowie nachhaltige Bewirtschaftung von Moorböden und sonstigen organischen Böden

Emissionen aus entwässerten Niedermooren sind in Brandenburg mit insgesamt 7,19 Mt CO_{2e} /a in 2020 eine der größten Emissionsquellen insgesamt. Von den insgesamt etwa 260.000 Hektar Niedermooren und Anmooren des Landes unterliegen alleine 208.000 Hektar der landwirtschaftlichen Nutzung. Etwa 30.000 Hektar sind Waldflächen. Darüber hinaus haben sie eine erhebliche Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz.

Innerhalb der Niedermoorkulisse können die THG-Emissionen weitgehend durch eine Anhebung des Wasserstands minimiert werden (Wiedervernässung). Weiteren, wenn auch deutlich geringeren Einfluss haben darüber hinaus auch die Nutzungsformen der Niedermoore. Neben den in den Szenarien beschriebenen Nutzungstransformationen, ist die Anhebung der Grundwasserstände auf Stauziel 3 bzw. 3 bis 4 nach Entwurf des Moorschutzfachkonzepts der größte Reduktionshebel (siehe Abschnitt 3.8.2.3). Im Zeitraum bis 2045 müssen für eine Zielerreichung gemäß Effizienzscenario jährlich etwa 9.000 Hektar der landwirtschaftlichen Flächen wiedervernässt wer-

²⁶⁵ Bei der Erhöhung der Fläche der gehölzartigen Landschaftselemente sind in Schutzgebieten die jeweiligen Schutzgebietsverordnungen bzw. die Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen von Natura 2000-Gebieten zu beachten.

den. Die strategische Festlegung auf die genannten durchschnittlichen Stauziele erfolgt unter Beachtung der oben genannten Grundsätze zur Flächenentwicklung in den Klimaplanszenarien, insbesondere dem Grundsatz des größtmöglichen Erhalts der landwirtschaftlichen Nachnutzbarkeit. Diese Festlegung schränkt das theoretisch mögliche Senkenpotenzial bis hin zu einer durch Torfmooswachstum induzierten Netto-Null-Senke bzw. einer dann beginnenden Kohlenstoffsequestrierung ein. Inwieweit durch eine Weiterentwicklung von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmethoden auf nassen Standorten und nachgelagerten Wertschöpfungsketten zukünftig höhere durchschnittliche Stauziele unter Erhalt der Nachnutzbarkeit möglich werden, bleibt in Hinblick auf Klimaaspekte anzustreben, ist jedoch derzeit nicht vorhersagbar.

Nutzbarkeit und Flächenerträge von Landwirtschaftsflächen sind nach einer Wiedervernässung gegenüber der konventionellen landwirtschaftlichen Nutzung in den meisten Fällen stark eingeschränkt. Diese Einschränkung betrifft darüber hinaus überwiegend Böden mit für Brandenburger Verhältnisse guter Bonität. Die Bodenwertzahlen liegen bei mehr als Zweidrittel der Flächen der Niedermoorkulisse derzeit im Bereich zwischen 30 und 50. Anzumerken ist jedoch auch, dass durch Mineralisierung bei Entwässerung diese organischen Böden schnell degradieren und damit ihre Fruchtbarkeit perspektivisch verlieren.

Die betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe sollen bei der Transformation unterstützt werden. Ziel ist es, Leitlinien der guten fachlichen Praxis auf Moorböden zu erarbeiten, effiziente Beratungsstrukturen aufzubauen, Wertschöpfungsketten für den Anbau, die Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse aus „nasser Landwirtschaft“ zu entwickeln und zu optimieren, Investitionen bei notwendigen Produktionsumstellungen zu fördern sowie finanzielle Kompensationen für Mindererträge zu leisten.

Die an anderer Stelle bereits beschriebene Betroffenheitskulisse - knapp die Hälfte des in Brandenburg landwirtschaftlich genutzten Grünlands unterliegt der Notwendigkeit zur Wiedervernässung, mit den im Weiteren genannten finanziellen und wirtschaftlichen Folgen - macht es notwendig, dass die Ziele und alle konzeptionellen Schritte der Wiedervernässung mit den Betroffenen in einem sehr offenen, ehrlichen und klaren Beteiligungs- und Kommunikationsprozess dargelegt und idealerweise abgestimmt werden.

Finanzielle Dimension der Wiedervernässung

Die finanzielle Dimension der Wiedervernässung ist in Brandenburg erheblich. Es ist zu erwarten, dass insbesondere in der nahen Zukunft die bisher erzielten, landwirtschaftlichen Deckungsbeiträge nach einer Wiedervernässung nicht erwirtschaftet werden können. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die landwirtschaftliche Produktion und Weiterverarbeitung von Paludikulturen bisher keine ausreichende Etablierung im Markt erreichen konnte, unter anderem auch weil bestimmte Schritte für eine Produktentwicklung noch nicht abgeschlossen sind (beispielsweise Standardisierung und Güte der landwirtschaftlichen Erzeugung, handwerkliche und industrielle Weiterverarbeitung, etc.) und ein ausreichendes Marktvolumen noch nicht erzielbar war. Bei der Berechnung der Mindererträge und damit der Berechnung etwaiger Kompensationen, ist demzufolge nicht nur die Höhe des Verlustes der Deckungsbeiträge als vielmehr auch die Dauer einer notwendigen Kompensation entscheidend. Genau hier gehen die Einschätzungen der am Prozess beteiligten Akteure deutlich auseinander. Nach Einschätzung des Landesbauernverbandes (LBV) bedarf es für eine weitgehende Marktetablierung und der damit verbundenen weitgehenden finanziellen Annäherung an die Bruttowertschöpfung der bisherigen, landwirtschaftlichen Produktion einen Zeitraum von etwa zwei Generation. Dagegen ist die gutachterliche Einschätzung auf der Basis des aktuellen Standes an verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich der Erzeugung und industriellen und handwerklichen Weiterverarbeitung und Veredelung der Anbauprodukte aus nasser Landwirtschaft deutlich optimistischer. Trotzdem muss aus gutachterlicher

Sicht klargestellt werden, dass im für den Klimaplan Brandenburg relevanten Zeitraum bis 2045 die jährlichen Mindererträge in ihrer Gesamtheit in Ansatz zu bringen sind. In den Berechnungen des LBV wird von einem durchschnittlichen Deckungsbeitrag von 300,- Euro/ha/a ausgegangen. Dieser durchschnittliche Betrag kann gutachterlich bestätigt werden. Damit werden für landwirtschaftliche Kompensationsleistungen bis zum Jahr 2045 ca. 1,7 Mrd. Euro notwendig, unabhängig von deren Form.

Neben der Kompensation der Mindererträge der landwirtschaftlichen Produktion, hier sind die Landwirtschaftsbetriebe die Adressaten, spiegeln sich die geringeren Deckungsbeiträge mittelbar ebenfalls auf Seiten der Grundbesitzenden landwirtschaftlicher Flächen wider. Insbesondere ist hier mit potenziellen Einbußen von Erträgen aus Verpachtungen zu rechnen. Die Pachtquote im Land Brandenburg von ca. 60 % aller Landwirtschaftsflächen macht deutlich, dass zwischen Landbewirtschaftenden und Landbesitzenden auch bei der Frage der Kompensation zu unterscheiden ist. Seit längerem ist in Diskussion, dass die Bereitstellung einer Ökosystemleistung einer Fläche in Wert zu setzen ist. Kompensationsmodelle wie beispielsweise eine Klimarente für betroffene Landbesitzende oder der Erwerb von Vernässungsrechten sind nur einige der diskutierten Varianten. In vielen Diskussionen wird geäußert, dass neben einer Minderung der Pacht-erträge auch die betroffenen Flächen an sich einen Wertverlust erleiden würden. An dieser Stelle erfolgt diesbezüglich die gutachterliche Empfehlung, Art und Höhe möglicher Kompensationen im Wesentlichen auf die genannte Fragestellung der Pachteinnahmen auszurichten, da bei der Beibehaltung der bisherigen, trockenen Bewirtschaftung der Niedermoorflächen aufgrund des Verlustes organischer Substanz im Boden durch Mineralisierung mittelfristig die Bodenfruchtbarkeit erheblich reduziert wird und damit gerade durch Beibehaltung bisheriger Bewirtschaftungsformen ein Wertverlust der Flächen absehbar sind. Aufgrund der Komplexität der Fragestellung und auch der derzeitigen Dynamik der Diskussion, wird im Klimaplangutachten kein eigenes Votum und dementsprechend auch keine Kalkulation von erforderlichen Finanzmitteln in diesem Teilbereich unternommen. Insbesondere auch, weil die Entwicklung der Grundpreise landwirtschaftlicher Liegenschaften von zahlreichen weiteren Entwicklungen überlagert wurden, die mit den hier diskutierten Fragestellungen nicht im Zusammenhang stehen.

Der Entwurf des Moorschutzfachkonzepts des LfU (unveröffentlicht) gibt für den Zeitraum bis 2030 neben den oben genannten Kompensationsleistungen Einschätzungen für weitere, für die Wiedervernässung notwendige Umsetzungskomponenten ab. Danach beläuft sich der finanzielle Aufwand für die baulich, technische Umsetzung auf etwa 120 Mio. Euro, für die administrative Betreuung und Begleitung unter Aufbau geeigneter Strukturen liegt die Schätzung bei 80 Mio. Euro bis 2030. Die oben genannten Kompensationen liegen heruntergerechnet bis zum Jahr 2030 bei etwa 780 Mio. Euro. Es ist davon auszugehen, dass es in Einzelfällen zu Beeinträchtigungen bzw. Schädigungen von Gebäuden und baulicher Infrastruktur durch die Wiedervernässung kommt. Die Höhe des Schadens und damit die Höhe einer möglichen Entschädigung unterliegt der gutachterlichen Beurteilung des Einzelfalls. Eine Gesamteinschätzung hierzu kann an dieser Stelle nicht abgegeben werden. In der Summe der erstgenannten Komponenten belaufen sich die notwendigen Transformationskosten der Wiedervernässung im Zeitraum bis 2030 im Land Brandenburg auf ca. 1 Mrd. Euro.

Sondervermögen für die Moorwiedervernässung: „Moorfonds Brandenburg“

Angesichts der genannten Größenordnung der Kosten der Wiedervernässung im Vergleich zu den derzeit bestehenden Förderungen, insbesondere den ab 2023 einzuführenden AUKM-Interventionen (z. B. „Moorbodenschutzmaßnahmen“) sowie weiterer, projektbezogener Förderlinien auch über die GAP hinaus, tritt die derzeitige Finanzierungslücke offen zutage. Beispielsweise sind in der Teilintervention EL 0101-03 „Moorbodenschutzmaßnahmen“ in der kommenden GAP-

Förderperiode 20.000 ha programmiert, davon entsprechen nur 4.500 ha der notwendigen Zielwasserstufe entsprechend Effizienzscenario. Im Zeitraum bis 2027 müssten jedoch bereits 45.000 ha auf das Stauziel 3 wiedervernässt werden. Auch die oben genannten weiteren Kosten für technische Umsetzung und administrative Strukturen sind im Landeshaushalt nicht hinterlegt. Angesichts des derzeitigen Volumens des gesamten Brandenburgischen Haushalts von insgesamt ca. 15 Mrd. Euro, ist deutlich, dass die Wiedervernässung nicht allein aus dem Brandenburger Etat zu finanzieren ist.

Tabelle 74: Verteilung der organischen Böden in Deutschland

Quelle: Eigene Berechnungen nach Tegetmeyer (2021).

Verteilung der organischen Böden in Deutschland	Fläche org. Böden in ha	Anteil org. Böden an der Landesfläche in %	Anteil org. Böden an der Fläche Deutschlands in %
Niedersachsen	669.064,68	14,02	36,39
Mecklenburg-Vorpommern	283.650,41	12,18	15,43
Brandenburg	260.446,80	8,78	14,16
Bayern	226.351,07	3,21	12,31
Schleswig-Holstein	160.942,72	10,18	8,75
Sachsen-Anhalt	84.445,66	4,13	4,59
Baden-Württemberg	50.964,98	1,43	2,77
Nordrhein-Westfalen	45.898,05	1,35	2,50
Sachsen	30.705,27	1,66	1,67
Hessen	7.553,69	0,36	0,41
Bremen	6.565,89	15,66	0,36
Rheinland-Pfalz	6.372,52	0,32	0,35
Hamburg	3.209,15	4,25	0,17
Thüringen	1.109,17	0,07	0,06
Saarland	805,55	0,31	0,04
Berlin	693,68	0,78	0,04
Summe	1.838.779,29	5,14	100,00

Aus diesem Grund wird als zentrales Finanzierungsinstrument die Schaffung eines Sondervermögens vorgeschlagen, der Moorfonds Brandenburg. Er soll finanzielle Mittel des Bundes und des Landes, zukünftig zu schaffende, vorrangig außerhalb der GAP angesiedelte Finanzierungsinstrumente der EU sowie sonstige private Mittel bündeln und verwalten. Weitere potenzielle Einnahmequellen können aus einem stärker zu etablierenden Zertifikatehandel bzw. aus der CO₂-Bepreisung stammen. Darüber hinaus muss auf die extremen Unterschiede der Moorflächenanteile (Tegetmeyer 2021) und damit der Transformationslasten und benötigten finanziellen Mittel zwischen den Bundesländern der Bundesrepublik hingewiesen werden. Mit einem Anteil von 14,16 % liegt der Flächenanteil Brandenburgs an dritter Stelle in Deutschland hinter Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern (siehe Tabelle 74). Daneben weisen noch Bayern und Schleswig-Holstein bedeutende Vorkommen von Moorböden auf, während die meisten anderen der 16 Bundesländer wenig betroffen sind. Eine Verteilung dieser Lasten in Deutschland, beispielsweise durch Schaffung eines Bund-Länder-Ausgleichsfonds zum Moorschutz, ist anzuraten.

Administrative Strukturen für die Wiedervernässung

Die regionalisierte Betroffenheitskulisse muss sich an fachlichen Kriterien orientieren. Im Entwurf des Moorschutzfachkonzepts werden diese regionalisierten Betroffenheitskulissen aus einer Vielzahl von hydro-geologischen Modellen zusammengefasst. Die Abgrenzung ist damit auch nicht mit bestehenden administrativen räumlichen Zuständigkeiten in Deckung zu bringen. Der Charakter der einzelnen Gebiete und damit die technischen und administrativen Anforderungen an die Wiedervernässung sind regional unterschiedlich. Ebenso vielfältig sind damit die konkreten Schritte zu Planung, Genehmigung, Entschädigung, Grundstücksverkehr und den damit verbundenen administrativen Trägern. So kann nach derzeitigem Stand davon ausgegangen werden, dass der weitaus überwiegende Teil der Wiedervernässungsmaßnahmen unter Anwendung der wasserrechtlichen und umwelt- und naturschutzrechtlichen Vorschriften planfestgestellt werden müssen. Auch wird die Flurneuordnung eine zentrale Rolle in Wiedervernässungsverfahren einnehmen. Nach derzeitigem Stand sind damit neben dem Umweltministerium auch das Landesamt für Ernährung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF), das Landesumweltamt (LfU), die Wasser- und Bodenverbände, die Kommunen, die öffentlichen Liegenschaftsverwaltungen, für investive Förderung die Investitionsbank des Landes Brandenburg auf administrativer Seite beteiligt. Gleichzeitig müssen die Verfahren für die betroffenen Landwirtschaftsbetriebe, Grund- und ggf. tangierte Hausbesitzende möglichst niedrigschwellig und unter Beteiligung der entsprechenden Verbände gestaltet sein. Eine Umsetzung innerhalb des Geflechts der bisherigen administrativen Strukturen erscheint deshalb, auch vor dem Hintergrund der schiereren Menge an durchzuführenden Verfahren, wenig sinnvoll. Maßnahme des Klimaplangutachtens ist vielmehr, innerhalb eigenständiger, regionalisierter administrativer Strukturen unter Beteiligung der Verwaltungs- und Genehmigungsbehörden (MLUK, LELF, LfU) sowie der Vertretenden der betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe und der Landwirtschaft-, Umwelt- und Naturschutzverbände den Transformationsprozess zu begleiten (Mooragentur Brandenburg). Die Mooragentur dient dabei, nach dem Vorbild der Brandenburgischen Wirtschaftsförderung, als regionale „one-stop-agency“, die eine Brückenfunktion zwischen den Betroffenen und den komplexen Planungen, Genehmigungen, Förderungen und Kompensationen einnimmt. Rechtliche Zuständigkeiten, wie bei der Wirtschaftsförderung Brandenburg auch, bleiben dabei zunächst unberührt. Als wesentlicher Schritt zur Erreichung einer größtmöglichen Akzeptanz sind innerhalb der Mooragentur regionalisierte Beteiligungselemente zu entwickeln, die über die Praxis bei bestehenden Planungsverfahren deutlich hinausgehen.

Instrumente für Förderung, Kompensation und Entschädigung

Es wurde bereits beispielhaft darauf hingewiesen, dass eine Kompensation landwirtschaftlicher Mindererträge innerhalb der jetzt anlaufenden GAP-Förderperiode nur zu einem geringen Teil abgedeckt ist. Angesichts des enormen Finanzbedarfs bei der Transformation der landwirtschaftlichen Nutzung in Niedermoorgebieten Brandenburgs ist es unter Umständen sinnvoll, eine neue, eigenständige Förderlinie zu schaffen, welche die bestehende und zukünftige GAP-Förderung ergänzt. Die Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass die Instrumente dauerhaft angelegt und auskömmlich sind, ein Verlust von landwirtschaftlichen Erträgen und eine Entschädigung von vernässungsbedingten Schäden ohne Eigenanteil ausgeglichen und eine Förderung sonstiger (investiver) Transformationskosten, z. B. im Rahmen einer Betriebsumstellung, als nicht rückzahlbare Zuschüsse gestaltet werden.

Weitere Zielkonflikte außerhalb der Landwirtschaft

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Wiedervernässungsprojekte eine Vielzahl von sonstigen fachrechtlich geschützten Belangen räumlich und inhaltlich berühren. Im Vordergrund stehen dabei die Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie sowie der europäische und

nationale Natur- und Artenschutz. Die aktuelle wissenschaftliche Diskussion zu Schutz und Zustandsverbesserung der Gewässer und deren Einzugsgebiete deutet darauf hin, dass durch Moorwiedervernässung nicht von einer Verschlechterung des Zustands ausgegangen werden kann. Sofern dies im Einzelfall, ggf. auch temporär (z. B. in der Anstauphase) auftreten kann, wird von einer lokal angelegten Auflösung der Zielkonflikte ausgegangen. Im Gegenteil dient die Moorwiedervernässung im Grundsatz der nachhaltigen Verbesserung der Gewässer und deren Einzugsgebiete.

Des Weiteren bestehen Synergien aber auch Zielkonflikte zum Natur- und Artenschutz. Natura 2000-Gebiete beinhalten sowohl FFH- als auch Vogelschutzgebiete (SPA). Die Flächen der Schutzgebiete überlagern sich teilweise. In allen Natura 2000-Gebieten gelten die Vorgaben des Artikel 6 Absatz 2 bis 4 der FFH-Richtlinie. Wiedervernässungsmaßnahmen können Arten der FFH-Richtlinie bzw. nach europäischer Vogelschutzrichtlinie geschützte Arten und deren Habitate beeinträchtigen, z. B. durch Verlust von Moorgrünlandflächen. Auch kann in der FFH-Kulisse (positiver wie negativer) Einfluss auf die Entwicklung der gemeldeten Lebensraumtypen entstehen. Grundsätzlich gilt gebietsbezogen das Verschlechterungsverbot des Art. 6 der FFH-Richtlinie. Durch Wiedervernässung kann es zu Flächenverlusten von dort meist sekundär entstandenen FFH-LRT kommen (z. B. LRT 6510, 6410, 6440, 4010, und andere). Zur Lösung dieser regelmäßig auftretenden Konflikte hat das BfN bereits 2015 einen Handlungsleitfaden erstellt, der eine genaue Untersuchung vor Wiedervernässung, Dokumentation von zu erwartenden Verlusten, Definition von Tabuzonen bei der Wiedervernässung und vor allem bei nicht lösbaren Konflikten eine räumlich Entzerrung bzw. Ausdifferenzierung der Wiedervernässung vorschlägt (Ssymank et al. 2015). Das Klimaplangutachten greift insbesondere die Frage der räumlichen Differenzierung der Wiedervernässung einerseits durch die relativ breite Vorgabe des Stauziels 3 (entsprechend unterschiedlicher GEST-Stufen zwischen 3+/4+ und 4+) auf – d. h. in der konkreten Steuerung des Anstaus besteht die Möglichkeit, die Entwicklungsziele einzelner LRT zu berücksichtigen. Andererseits wird genau aus diesem Grund (Tabuzonen) bilanziell nicht von einer 100 %-Wiedervernässung ausgegangen. Es ist zu prüfen, inwieweit großflächige Wiedervernässungen im Widerspruch zum europäischen Gebiets- und Artenschutz stehen und ob hier die Voraussetzungen zur Änderung von Erhaltungszielen vorliegen. Die derzeit bestehenden Hemmnisse, beispielsweise für die Etablierung von Paludikulturen innerhalb der NATURA-2000-Kulissen, sind aufgrund der Größe der Überlappung der Schutzgebietskulissen mit der Moorbodenkulisse räumlich zu differenzieren²⁶⁶.

Ausgestaltung eines „Regelprozesses Wiedervernässung“

Praktisch alle bislang vorhandenen Aktivitäten zur Wiedervernässung von Niedermooren in Brandenburg basieren auf einzelnen, teilweise singulär geförderten Projekten. Selbst die momentan laufenden, größer angelegten Vorhaben in verschiedenen Teilräumen verlaufen in einer Einzelprojektstruktur und zumeist ohne den notwendigen rechtlichen, administrativen und finanziell ausreichenden Rahmen. Aufgrund der oben genannten zeitlichen Herausforderung von 190.000 ha in 22 Jahren, muss Moorschutz zu einer regelmäßigen Pflichtaufgabe der Landwirtschafts-, Wasserwirtschafts- und Umweltverwaltung werden, administrative Strukturen sind dementsprechend

²⁶⁶ Interneteintrag des MLUK „Spezielle Anforderungen an Paludikultur im Rahmen der Konditionalität GLÖZ-2 „Mindestschutz von Feuchtgebieten und Mooren“, zuletzt abgerufen am 23.2.2023: „Eine Nassbewirtschaftung im Sinne von Paludikultur ist nicht zulässig auf Flächen, die innerhalb eines Flora-Fauna-Habitat-Gebiets (FFH-Gebiet), einem Vogelschutzgebiet, auf einem FFH-Lebensraumtyp oder auf einem nach Landesverordnung aus Naturschutzgründen ausgewiesenem Gebiet liegen.“ (MLUK 2022b)

zu schaffen bzw. weiterzuentwickeln. Existierendes Fachrecht (Naturschutz, Wasser, usw.), landwirtschaftliches Förderrecht und nicht zuletzt die Bauleitplanung und die Regionalplanung sind im Hinblick auf die Berücksichtigung von Moorschutzbelangen zu prüfen und ggf. zu ergänzen. Sollte mittelfristig erkennbar werden, dass Prozesse der Wiedervernässung nicht oder nicht schnell genug umgesetzt werden, wäre alternativ die Schaffung eines eigenständigen Moorschutz-Fachrechts zu diskutieren, welches Ge- und Verbote beinhaltet und das „Schutzgut Moor“ eindeutiger als bisher definiert. Eine diesbezügliche Gesetzesinitiative der moorreichen Länder beim Bund ist anzuregen.

4.8.1.4 Handlungsschwerpunkt Klimaschonende Flächennutzung, Siedlungs- und Regionalentwicklung

Ein weiterer Handlungsschwerpunkt stellt die klimaschonende Flächennutzung in der Siedlungs- und Regionalentwicklung dar. Als Maßnahmenfelder sind hierbei die Minderung der Flächenversiegelung, die Erhöhung des Grünvolumens aber auch die Begrenzung der Inanspruchnahme organischer Böden bei der Siedlungsentwicklung zu nennen. Ferner wurden in Abschnitt 3.8.2 die Auswirkungen der Landnutzungsänderungen zwischen den LULUCF-Unterkategorien adressiert.

Die Bilanzierung in den Szenarien hat gezeigt, dass die relativ geringe Fläche von Siedlung und Infrastruktur auf Moorböden allein etwa die Hälfte aller Siedlungsemissionen verursacht. Eine deutlich weitergehende Berücksichtigung des Moorschutzes in der Bauleitplanung, d. h. eine Schärfung des „Schutzgutes Moor“ im BauGB und den Anwendungsverordnungen ist daher mittelfristig anzuraten. In der Landesplanung sind die Belange des Moorschutzes (Schutz organischer Böden vor Inanspruchnahme durch Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung) innerhalb einer Neufassung des Landesentwicklungsplans beispielsweise durch eine Ergänzung der Freiraumverbundkulisse oder durch die räumliche Definition einer eigenständigen Moorschutzkulisse als Ziel der Landesplanung festzusetzen.

Daneben ist zu prüfen, inwieweit der Ausbau von Freiflächenphotovoltaik mit dem Ziel einer multifunktionalen Landschaft (siehe oben) ebenfalls notwendige Steuerungskulissen der Regional- bzw. Landesplanung sein können.

4.8.2 Maßnahmenvorschläge

Folgende Maßnahmen werden für das Handlungsfeld Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung im Sinne des Klimaschutzes empfohlen:

Tabelle 75: Maßnahmenliste Handlungsfeld Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenleistung

Quelle: eigene Zusammenstellung

<i>Handlungsschwerpunkt Klimaangepasste und klimaschonende Waldbewirtschaftung; Schutz der Wälder; Waldflächenvermehrung</i>	
7.1	Waldumbau
7.2	Naturnaher Waldbau/Naturverjüngung
7.3	Wahrung der Nachhaltigkeit im Sinne der Holzwirtschaft
7.4	Aufgabe der forstlichen Bewirtschaftung ausgewählter Teilflächen

7.5	Waldschutzmaßnahmen
7.6	Schutz bestehender Waldflächen, Waldflächenvermehrung
7.7	Optimierung Holzproduktespeicher
Handlungsschwerpunkt: Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung mineralischer Böden und Steigerung der Offenland-Biomasse	
5.6	Erhöhung des Anteils von gehölzartigen Strukturelementen (Feldgehölze, Hecken, Knicks, Baumreihen) und Agroforstsystemen sowie Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen
Handlungsschwerpunkt: Moorschutz sowie nachhaltige Bewirtschaftung von Moorböden und sonstigen organischen Böden	
7.8	Grünlandetablierung auf Ackerflächen in der Niedermoorkulisse
7.9	Wiedervernässung von Grünlandflächen (und vormaligen Ackerflächen), Etablierung landwirtschaftlicher Nachnutzungen
7.10	Bestockung von wiedervernässten Flächen mit Erle und andere Arten der Hart- und Weichholzaue
7.11	Wiedervernässung von Mooren im Wald
7.12	Aufstellung konzeptioneller Grundlagen für Moorschutz in Brandenburg, Anpassung des Rechtsrahmens für die Moorwiedervernässung
7.13	Effiziente administrative Strukturen für die Planung und Umsetzung von Moorschutzmaßnahmen - Mooragentur Brandenburg
7.14	Schaffung und Einführung von Finanzierungsinstrumenten zur Umsetzung der Moorwiedervernässung; Einrichtung des „Moorfonds Brandenburg“
7.15	Schaffung und Einführung von Entschädigungs-, Kompensations- und Förderinstrumenten zum Moorschutz
7.16	Flurneuordnungsverfahren zum Zwecke der Wiedervernässung
7.17	Aufbau Flächenpool zum Zweck der Wiedervernässung
7.18	Wertschöpfungsketten nasse Landwirtschaft, Strukturen für eine Markteinführung (Abnahmegarantien)
Handlungsschwerpunkt: Klimaschonende Flächennutzungs-, Siedlungs- und Regionalentwicklung	
7.19	Klimaschonende Siedlungsentwicklung
8.3	Klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung

4.8.2.1 Maßnahmenbündel Klimaangepasste und klimaschonende Waldbewirtschaftung; Schutz der Wälder; Waldflächenvermehrung

4.8.2.1.1 HF 7-1: Waldumbau

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Herstellung und nachhaltige Sicherung der Klimaresilienz der Brandenburgischen Wälder

Inhalt der Maßnahme:

- Deutliche Steigerung der Waldumbaufläche
- Schaffung und Optimierung einer klimaresilienten, stabilen und ökologisch wertvollen Waldstruktur durch Etablierung von Mischwäldern mit diversifizierter Baumarten- und Altersstruktur. Durch diese Diversifizierung können Risiken gegenüber biotischen und abiotischen, insbesondere klimawandelbedingten Schädigungen sinken oder gestreut werden. Der Anteil der Hauptbaumart Kiefer wird deutlich verringert, gleichwohl bleibt sie die führende Baumart in Brandenburg, u. a., weil von der Kiefer erwartet wird, dass sie als standortheimische Art lange klimaresilient bleibt. Ebenso ist sie wesentlicher Bestandteil des Holzproduktespeichers in Brandenburg (u. a. Gewinnung von Bauholz etc.). Kiefern-Reinbestände sind jedoch unbedingt zu vermeiden.
- Ausbau und Erhöhung der Förderung mit niedrigschwelliger Fördermittelbereitstellung für Waldumbau für Privat- und Körperschaftswald.
- Laufende Untersuchungen zur Anbaueignung klimaangepasster Baumarten mit dem Schwerpunkt auf heimischen müssen erweitert und vor allem längerfristig gesichert werden. Nicht nur Arten, sondern auch unterschiedliche Provenienzen müssen bei diesen Untersuchungen Berücksichtigung finden.
- Zur Vermeidung von Engpässen bei der Pflanzenversorgung sind Forstbaumschulen zu fördern. Ebenso ist der Engpass in der Verfügbarkeit von Saatgut zu beseitigen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
- Information/Beratung/Vernetzung

Forstbetriebliche Maßnahmen und Abläufe mit extrem langfristigen Auswirkungen; Förderprogramme auf mehreren Ebenen befinden sich in unterschiedlichen Phasen der Vorbereitung; sie sind unentbehrlich für die Umsetzung von Maßnahmen, insbesondere im Privatwald; Forschung, Entwicklung und Erprobung müssen die Maßnahmen langfristig begleiten und an den fortschreitenden Klimawandel angepasst werden.

Rechtsrahmen: Förderprogramm Waldumbau, Informationskampagne

Verantwortlichkeit

Brandenburg-Ebene: MLUK und nachgeordnete Forstbehörden und Dienststellen (Forstbetriebsgemeinschaften); Waldbesitzende.

Mitwirkungsbedarf: Für die Bereitstellung zusätzlich benötigter Flächen ist die Mitwirkung von Kommunen und jeweils zuständigen Behörden (insb. Landwirtschaft, Flurbereinigung) und Eigentümerinnen und Eigentümer erforderlich.

Fristigkeit

Waldumbaumaßnahmen laufen bereits seit Jahrzehnten, müssen jedoch sofort wesentlich intensiviert werden (8.000 ha/a im Effizienzzenario). Das aktuell flächenweise Absterben von Wäldern (Borkenkäfer, Waldbrand usw.) macht die Erfordernisse erratisch und schwer voraussehbar; Die Laufzeit der Waldumbaumaßnahmen ist extrem langfristig (viele Jahrzehnte).

Zielgruppe

Öffentliche und private Waldbesitzende

THG-Minderung

Zusätzliche Senkenleistung von 1,45 t CO_{2e} /a je umgebauter Fläche, sukzessive Steigerung der Klimawirkung um 270 kt CO_{2e} auf 550 kt CO_{2e} /a bis 2045

Nutzen

- Stärkung der Senkenleistung des Waldes.
- Risikominderung gegen abiotische Ursachen (Sturm, Waldbrand) und biotischen Bedrohungen (Insektenkalamitäten).
- Wälder haben durch Verdunstung und Beschattung eine kühlende Wirkung und dienen so der Erholung und der Gesundheit von Menschen (Klimaanpassung).
- Optimierung der Biodiversität.

Aufwand

Geht es um die Wiederaufforstung von Kahlfleichen durch Saat oder Pflanzung in Gebieten mit hohem Schalenwildbestand, kann der Aufwand von 10.000 €/ha deutlich überschritten werden. Ist Naturverjüngung mit klimaresilienten Baumarten möglich, verringert sich der erforderliche Aufwand ganz erheblich, besonders bei niedrigem Wildbestand und dem Verzicht auf aufwendige Kulturmaßnahmen.

Der Waldumbau in Brandenburg soll mit möglichst wenig Saat oder Pflanzung und mit möglichst viel Naturverjüngung erfolgen. Für eine grobe Abschätzung der Größenordnung der Erfordernisse wird kalkulatorisch ein mittlerer Aufwand von 2.000 €/ha unterstellt.

Für ca. 50 % der Waldfläche von rund 1 Mio. ha (von Kiefernreinbeständen dominierte Wälder) dürfte ein Bedarf an Waldumbau bestehen. Der langfristig erforderliche Finanzbedarf beläuft sich demnach auf die Größenordnung von 1 Mrd. Innerhalb des für den Klimaplan relevanten Zeitraums ergibt sich bei den möglichen 184.000 ha ein Finanzaufwand von ca. 370 Mio. Euro bis 2045. Beim gegenwärtigen Umfang laufender Waldumbaumaßnahmen (1.800 – 2.000 ha/a) wäre die gestellte Aufgabe erst in der Zeit von vielen Jahrzehnten erfüllbar.

4.8.2.1.2 HF 7-2: Naturnaher Waldbau / Naturverjüngung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Steigerung der Senkenleistung des Brandenburgischen Waldes für CO₂.

Erforderlichkeit und Inhalt der Maßnahme:

Die bisherige Entwicklung beim Waldumbau in Brandenburg (derzeit geschätzt ca. 1.800 – 2.000 ha/Jahr, bzw. 91.000 ha seit 1990) ist vor dem Hintergrund der Anforderung an die Stabilisierung der Senkenleistung des Waldes zu gering, um schnell einen signifikanten Beitrag zur Zielerreichung nach KSG zu leisten. Aufgrund der zeitlichen und flächenmäßigen Dringlichkeit an umzubauender Waldflächen erfolgt zusätzlich eine gezielte Förderung der Naturverjüngung nach den Grundsätzen der naturgemäßen Waldwirtschaft und der einer möglichst naturnahen Walderneuerung, die Veränderungen durch den Klimawandel einbezieht. Neue Zahlen des Thünen-Instituts (2022a) belegen, dass die Lücke zwischen den Anforderungen nach KSG und den bisherigen Bemühungen durch Waldumbau deutlich größer ist, als bis Mai 2022 angenommen:

- In Bestockungen, die aus auch im Klimawandel noch standortstauglichen Baumarten bestehen, ist zusätzlich zu bisherigen Planungen Naturverjüngung einzuleiten; angesichts bestehender großer Unsicherheiten wird eine Risikoverteilung am besten durch große Baumartenvielfalt pro Flächeneinheit (pragmatisch i. d. R. 4/ha) erreicht.
- Erhaltung bestmöglicher ökologischer Stabilität, d. h. die Förderung bzw. Ausnützung der selbstregulierenden und stabilisierenden Prozesse in Waldökosystemen;
- Erhalt des Kohlenstoff-Kontinuums durch kahlschlagslose Bewirtschaftung der Bestände

- Die vorhandene genetische Vielfalt der heutigen Bestände sollte nicht eingeschränkt werden, weil so die Anpassungsfähigkeit gegenüber Stresseinwirkungen während eines sehr lange dauernden Produktionsprozesses am besten bewahrt wird;
- Wie beim bisherigen vorbildlichen Waldbau ist als weiteres wichtiges Prinzip einer biologisch orientierten Optimierung der Produktion die Ausnutzung des lokalen bzw. individuellen Leistungspotenzials zu erwähnen und zu berücksichtigen.
- Reduktion der Schalenwildbestände, da jegliche Formen des Wildschutzes, insbesondere Zäunungen auf den erforderlichen großen Flächen, zumal bei zersplitterter Waldbesitzstruktur, nicht wirtschaftlich umsetzbar sind. In diesem Zusammenhang ist eine Reform des Landesjagdgesetzes mit dem Ziel einer deutlichen Reduktion der Schalenwildbestände eine notwendige Teilmaßnahme zur Stabilisierung der Senkenleistung. Darüber hinaus wird auf die Bedeutung der Wolfspopulation in Brandenburg in seiner für den Wildbestand regulierenden Wirkung hervorgehoben. Der gesetzliche Schutz des Wolfes erfüllt damit ebenfalls die Ziele des Senkenerhalts der Wälder.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Waldbau-Technik;
- Projektförderung

Rechtsrahmen (Rechtliche Bezüge und ggf. Änderungsbedarfe):

- Förderprogramme und Richtlinien auf unterschiedlichen Ebenen (EU, Bund, Länder) befinden sich gerade in einer Phase der Vorbereitung oder Präzisierung;
- Die Jagdgesetzgebung in Brandenburg ist erheblich zu verändern, um den aktuellen Anforderungen entsprechen zu können.

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit:

- Forstbetriebe;
- Forstbehörden aller Ebenen;
- MLUK als zuständige Stelle für die Definition von Förderprogrammen auf Landesebene;
- MLUK als Oberste Jagdbehörde;
- Kommunen, soweit die Planungshoheit (Bauleitplanung) tangiert ist;
- Forstbetriebsgemeinschaften;
- Mitwirkungsbedarf Naturschutzbehörden und Verbände.

Fristigkeit

Einführung:

- Die Maßnahme ist dringlich, vielschichtig, aufwendig und kompliziert; eine unmittelbare Inangriffnahme ist daher erforderlich;
- Die Laufzeit für die Umsetzung ist bereits (zwangsläufig wegen Komplexität) sehr langfristig; bis die Wirksamkeit zur Geltung kommen kann, wird es Jahrzehnte dauern.

Zielgruppe

- Forstbetriebe;
- Forstbehörden aller Ebenen;
- Forstbetriebsgemeinschaften;
- Für den Klimaschutz zuständige Behörden aller Ebenen.

THG-Minderung

Eine Größe der erforderlichen Maßnahmenfläche (Flächensummen) und die erreichbare Größenordnung der Klimawirkung sind nicht eindeutig ermittelbar; dennoch angegebene Zahlen beruhen lediglich auf Annahmen und Schätzungen.

Die Klimawirkung ist als Teil der [Maßnahme 7-1](#) bilanziert, eine bilanzielle Abgrenzung zwischen „aktivem“ Waldumbau und Naturverjüngung ist weder möglich noch sinnvoll.

Nutzen

Direkter Nutzen: Es wird eine direkte Klimaleistung in Form von gesteigerter Kohlenstoffspeicherung erwartet. Die auf Abschätzungen beruhenden Zahlenangaben dazu sind jedoch mit erheblichen Unsicherheiten belastet.

Indirekter Nutzen: Gegenüber den gezielten und geplanten Waldumbaumaßnahmen der Maßnahme „Waldumbau“ wird der Mitwirkung natürlicher (ökologischer) Prozesse hier ein größerer Umfang eingeräumt. Das dürfte sich positiv auf die Biodiversität und andere Naturschutzziele auswirken.

Aufwand

Direkter Aufwand: Im Vergleich zum geplanten und gezielten Waldumbau sinkt wegen der extensiveren Flächeneinwirkung bei dieser Maßnahme der Aufwand je Flächeneinheit (siehe [Maßnahme 7-1](#)).

Indirekter Aufwand: Ohne einen sehr hohen Planungs-, Beratungs- und Verwaltungsaufwand bleibt diese Maßnahme undurchführbar, insbesondere im Kleinprivatwald, der in Brandenburg auf insgesamt sehr großen Flächen vorherrscht. Eine personelle Aufstockung der Forstverwaltung in einer Größenordnung von mind. 28 Dauerstellen (je Forstamt 2 Stellen), alternativ die Finanzierung und Etablierung freier, zertifizierter Beraterinnen und Berater ist erforderlich, wenn die Maßnahme im erforderlichen Umfang wirksam gemacht werden soll.

4.8.2.1.3 HF 7-3: Wahrung der Nachhaltigkeit im Sinne der Holzwirtschaft

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Basierend auf den i. d. R. im zehnjährigen Turnus erhobenen Inventurdaten entweder der Forsteinrichtung oder von LWI und entsprechend den tradierten Nachhaltigkeitsregeln der Forstwirtschaft muss die holzwirtschaftliche Nutzung von Holzeinschlag/Entnahme für die Dauer max. auf die jährliche Zuwachsrate des Holzvorrats begrenzt bleiben.

Inhalt der Maßnahme:

- Übernutzungen sind zu vermeiden; wenn sie im Einzelfall unvermeidlich sind (Aufarbeitung von Schadholz), sind sie durch Einsparungen auszugleichen. Der insgesamt verminderte Holzanfall ist möglichst weitgehend für langlebige Holzprodukte vorzusehen (=> Holzproduktetepeicher).
- Begrenzung der energetischen Holznutzung auf Abfall- und Restholz sowie recycelte Holzprodukte am Ende einer Kaskadennutzungskette unterstützt diese Forderung; der Vorrang für (möglichst langlebige) Holzprodukte (stoffliche Substitution) vor energetischer Nutzung muss gewährleistet werden;
- Forstseitig wird ein Mehranfall an Holz durch Schadereignisse mit Einsparungen an anderer Stelle oder im Zuge eines Ausgleichszeitraums verteilt; wo es Forsteinrichtungswerke gibt, erfolgt das über den Hiebsatz bzw. die mittelfristige Einschlagsplanung.
- Auch für Wälder ohne Forsteinrichtungswerk und festgesetztem Hiebsatz sollte gewährleistet sein, dass der genutzte Holzeinschlag den Zuwachs nicht übersteigt und die Kohlenstoffspeicherung nicht beeinträchtigt wird.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- klimaschonende Techniken und Verfahren
- Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen: Forstrecht

Verantwortlichkeit

Waldbesitzende, Forstbetriebe; Kontrolle und Überwachung: Forstbehörden

Fristigkeit

Es handelt sich um die Einhaltung bestehender sinnvoller Regeln, auch in Zukunft.

Zielgruppe

Waldbesitzende, Forstbetriebe, Betriebe der Holzwirtschaft, Holzkäuferinnen und -käufer

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung: Unmittelbar keine THG-Minderung

Qualitative Argumentation: Förderung des Holzproduktespeichers

Nutzen

Direkter Nutzen: Sicherung des nachhaltigen Holzaufkommens

Aufwand

n/a

4.8.2.1.4 HF 7-4: Aufgabe der forstlichen Bewirtschaftung ausgewählter Teilflächen

Beschreibung**Ziel der Maßnahme:**

Durch die Einstellung des Holzeinschlags kann in Wäldern zeitweilig (bis – wie im Naturwald – ein Gleichgewicht zwischen Zuwachs und Verwitterung von Totholz und anderer Biomasse erreicht ist) eine Anreicherung des Holzvorrats und damit der Senkenleistung für Kohlenstoff erreicht werden.

Inhalt der Maßnahme:

- Es kommt nur eine teilflächige Aufgabe der forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung in Betracht; diese Maßnahme hat positive Nebeneffekte (Kohlenstoffanreicherung im Waldboden, Verbesserung weiterer Waldfunktionen wie Biodiversität, Wasserhaushalt, ggf. Erholungsfunktion).
- Die Aufgabe forstwirtschaftlicher Bewirtschaftung wird sich vorzugsweise auf Altholzbestände (Bestandsalter ab ca. 120 Jahre) sowie auf Laub- und Laubmischbestände konzentrieren. Priorität haben Wälder innerhalb der Schutzgebietskulisse, insbesondere NSG und NATURA2000.
- Dieses Klimawirkungspotenzial ist prinzipiell in jungen und mittleren Beständen größer als in Altbeständen. Trotzdem wird die Maßnahme vor allem für naturschutzfachlich wertvolle mittlere und alte Bestände vorgeschlagen (Stärkung weiterer Ökosystemleistungen des Waldes);
- Kalkulatorisch kommen 20 % der Gesamtwaldfläche Brandenburgs für die Nutzungsaufgabe in Betracht (siehe Strategie zur Waldentwicklung Abschnitt 4.8.1.1)

Kategorie und Rechtsrahmen**Kategorie:**

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente

Rechtsrahmen: Tangiert werden Zivilrecht, Forstrecht, Verwaltungsrecht und Naturschutzrecht

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (MLUK), Forstbetriebe (Waldbesitzende); Förderprogramme mit jeweiliger Zuständigkeit.

Mitwirkungsbedarf: Naturschutzbehörden.

Fristigkeit

Einführung: Möglichst bald, aber Voraussetzungen und Fördermöglichkeiten müssen gegeben sein.

Laufzeit: langfristig

Zielgruppe

Forstbetriebe, Waldbesitzende

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung: Eine quantitative Abschätzung der Vergrößerung der Kohlenstoffbindung ist nach vorliegenden Daten nicht für Brandenburg belegt. Hilfsweise wird von einer Vergrößerung der Senkenleistung in Höhe von 1,45 t CO_{2e} /ha ausgegangen (analog Berechnungswerts naturnaher Waldumbau im Effizienzzenario)

Maximale Größe der Maßnahmenfläche: (Flächensummen): 200.000 ha

Dabei ist zu prüfen, inwieweit aktuell vorhandene Landesliegenschaften für die Nutzungsaufgabe infrage kommen.

Qualitative Argumentation: Die Umsetzbarkeit ist von Verwaltungsvereinbarungen sowie der Verfügbarkeit von Flächen und Fördermitteln abhängig.

Nutzen

Direkter Nutzen: Maximal (s. o.): 290 kt CO_{2e} /a bis 2045.

Indirekter Nutzen: HF Biodiversität und Naturschutz, positiver Beitrag bei Naturverjüngungsprozessen

Aufwand

Direkter Aufwand: Schwer kalkulierbar. Ggf. werden Kompensation, Entschädigung bzw. öffentlicher Flächenerwerb notwendig

Indirekter Aufwand: Erheblicher Personalaufwand für Verhandlungen, Planung, Organisation und Umsetzung; 15 Stellen (je Forstamt 1 Stelle plus 1 Stelle in der Betriebszentrale)

4.8.2.1.5 HF 7-5: Waldschutzmaßnahmen

Beschreibung**Ziel und Inhalt der Maßnahme(n)**

Wegen steigender Gefährdung der Wälder im Klimawandel (Dürre, Waldbrand, Windwurf, Insekten, Komplexschäden) und als Vorbeugung gegen Risiken und Verluste ist der Bereich Waldschutz generell, auch personell und auch im Privatwald, zu intensivieren. Der Waldschutz muss sich mit einer Vielzahl heterogener Gefährdungen und deren Ursachen auseinandersetzen. Entsprechend vielfältig ist das hier darzustellende Maßnahmenbündel:

- Vor allem wegen der in Brandenburg besonders großen Waldbrandgefahr, aber auch für Vorbeugung gegen andere Risiken ist eine Optimierung der Waldschutzinfrastruktur vorzusehen, u. a. Wegesystem, Brandstreifen/-schneisen, aber z. B. auch Entwicklung von Kontroll- und Überwachungsmethoden für neu auftretende Parasiten und veränderte Bekämpfungsweisen.
- Eine Früherkennung und sofortige oder zeitnahe Ingangsetzung einer Meldekette ist eine Voraussetzung für die erfolgreiche Bekämpfung der meisten Waldschädigungen. Bekannt ist das Waldbrandwarnungssystem; Vergleichbares, ggf. mit anderen Intensitäten und Zeitabläufen, muss aber auch für andere Schäden und ihre Ursachen etabliert sein, z. B. Auftreten und Massenwechsel von Insektenpopulationen, Grundwasserschwankungen, Schnellerfassung von Windwurf usw.
- Auf den in Brandenburg besonders bedeutsamen ehemaligen Militärf lächen ist die Entmunitionierung der Zufahrtswege und des forstlichen Wegesystems erforderlich, die unter Beachtung der Anforderung des Naturschutzes zu erfolgen hat.

- Die erforderliche technische Ausstattung (z. B. Feuerwehren, Löschhubschrauberstaffel etc.) muss vergrößert und instandgehalten werden; Überwachungsmethoden (z. B. Bestandserhebungen von Schadinsekten) sind nach systematischen Plänen anzuwenden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
- Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben
- Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen: Angesichts der bestehenden Ungewissheiten, insbesondere bezüglich der langfristigen Entwicklung, sind Komponenten der Forschung, der Planung und der Beratung in die Bearbeitung dieses Maßnahmenbündels einzubeziehen. Erforderliche Veränderungen des bestehenden Rechtsrahmens und der Förderkulisse sind nicht absehbar, aber möglich, vor allem für die Einbeziehung des Kleinprivatwaldes.

Verantwortlichkeit

Waldbesitzende, Forstbehörden aller Ebenen; Forschungs- und Beratungseinrichtungen sind einzubeziehen, Feuerwehr, Katastrophenschutz

Fristigkeit

Vorbeugungsmaßnahmen sind dringlich und sofort einzuleiten. Eine Abschlussmöglichkeit für dieses Maßnahmenbündel ist in den nächsten Jahrzehnten nicht zu erwarten.

Zielgruppe

Forstbetriebe, Forstbehörden

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung: Keine direkte THG-Minderung, jedoch Risikominderung, die kaum quantifizierbar ist.

Nutzen

Direkter Nutzen: Risikominderung

Indirekter Nutzen: Beitrag zur Sicherung der Holzversorgung (Steigerung des Holzproduktespeichers); positive Auswirkung auf Biodiversität und Naturschutz.

Aufwand

Direkter Aufwand: erheblich, aber schwer quantifizierbar; Auf den Flächen, die vor der Umsetzung dieser Maßnahme entmunitioniert werden müssen sind Kosten für Entmunitionierung von durchschnittlich 1 €/m² in Ansatz zu bringen.

Indirekter Aufwand: Erforschung von Schadorganismen, die im Klimawandel neu auftreten; Entwicklung von Bekämpfungsmethoden.

4.8.2.1.6 HF 7-6: Schutz bestehender Waldflächen, Waldflächenvermehrung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Trotz Waldumbau, Naturverjüngung und Aufgabe forstwirtschaftlicher Nutzung wird das Ziel des weitgehenden Erhalts der Senkenleistung des Waldes in Brandenburg auf dem Stand 2020 nicht erreichbar sein. Daher müssen zunächst die vorhandenen Waldflächen vor Inanspruchnahme durch Siedlungs- und Infrastrukturentwicklungen oder durch Flächen für erneuerbare Energien (Wind und solare Energien) deutlicher als bisher geschützt werden. Eine Schärfung des Waldumwandlungsverbots im Waldgesetz ist hier notwendig.

Um drüber hinaus eine deutliche Steigerung der Kohlenstoffspeicherung zu erreichen, ist es weiterhin erforderlich, bisher anders, vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen, wiederzube-walden.

Inhalt der Maßnahme:

Der Schutz vorhandener Wälder als einzige natürliche Kohlenstoffsенke im Land Brandenburg vor Waldumwandlung muss intensiviert werden. Möglich sind etwa die Berücksichtigung des Verlusts des Kohlenstoffspeichers beim Umfang der Ersatz-Erstaufforstungen sowie bei der Bemessung der Höhe der Walderhaltungsabgabe nach § 8 LWaldG. Darüber hinaus müssen die weiteren (schützenswerten) Waldfunktionen beachtet werden.

Die zusätzliche Waldflächenvermehrung unterliegt den folgenden Grundsätzen:

- Erstaufforstung vorzugsweise auf armen Standorten, v. a. landwirtschaftlichen Flächen mit Bodenwertzahlen unter 20, Konversionsflächen, Sonderstandorten wie ehemaligen Depo-nien, ehemaligen Riesefeldern etc.
- Ausgenommen sind alle Biotop des Offenlandes innerhalb der europäischen Schutzge-bietskulisse und gesetzlich geschützte Biotop außerhalb dieser Kulisse des Landes Bran-denburg.
- Eine standortgemäße Zielbestockung (gemäß [Maßnahmen 7-1](#) und [7-2](#)) ist vorzusehen; be-sonders zu beachten ist die Zukunftsfähigkeit der ausgewählten Baumarten für die vorgese-hene Produktionszeit, immer zumindest Jahrzehnte.
- Neben aktiver Aufforstung wird ebenfalls die Wiederbewaldung durch Sukzession ange-strebt.
- Ein eigenes, landesseitiges Förderinstrumentarium ist hierbei zu entwickeln. Ggf. ist über ein Klimafondsmodell der Erwerb der Flächen durch die öffentliche Hand zu realisieren.
- Da die Maßnahme der Waldflächenvermehrung politisches und ökologisches Arbeitsziel sein muss, sind die rechtlichen und förderrechtlichen starren Mauern zwischen Agrarnutzung und Waldbegründung aufzulösen

Frisch wiederbewaldete Flächen haben in der Praxis zunächst geringe Zuwachsleistungen und Kohlenstoffspeicherkapazitäten, die sich je nach Baumartenzusammensetzung schneller oder langsamer im Laufe der Jahrzehnte bis zu einem Maximalwert steigern. Im Jugendstadium schnell wachsende Lichtbaumarten wie Birke, Aspe, Lärche, Bergahorn, Erle können bis 2045 eine relativ größere Menge an Kohlenstoff binden und sind in höheren Mischungsanteilen zu be-vorzugen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
- Ökonomische Instrumente
- Konzepte/Studien/Leitfäden
- Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen: LWaldG, Schärfung des Ausgleichs- und Walderhaltungsabgabeninstrument durch Einbeziehung des (Verlustes des) Kohlenstoffpools in die Ausgleichsberechnungen; Bei der Erstaufforstung sind Probleme bei Umsetzung auf der Basis von Freiwilligkeit zu erwar-ten; Grundlage soll ein entsprechend ausgestaltetes Förderinstrument für die Erstaufforstung sein. Auf lokaler Ebene kann das Instrument der Flurneuordnung gemäß FlurbG angewendet werden. Zu klären ist der Erwerb von Liegenschaften für die Bewaldung durch die öffentliche Hand.

Verantwortlichkeit

MLUK, insbesondere die Forstverwaltung aller Ebenen, in Abstimmung und Kooperation mit weiteren Landesbehörden (z. B. bei Flurbereinigung), Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer, Verbänden und Kommunen

Mitwirkungsbedarf: Finanzressort (Fördermittel).

Fristigkeit

Einführung: Planung und Start möglichst sofort;

Laufzeit: Langfristig (unvermeidbar)

Zielgruppe

Land- und forstwirtschaftliche Betriebe, Landeigentümerinnen und -eigentümer

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung: Durchschnittliche jährliche Senkenleistung von 4,78 t CO_{2e} /ha bis 2045 (im Szenarienzeitraum von Null rasch ansteigend; hoher Anteil an Lichtbaumarten)

Größe der Maßnahmenfläche (Flächensummen): 57.500 ha

Erwartete Klimawirkung der Maßnahme: 240 kt CO_{2e} /a bis 2045.

Qualitative Argumentation:

Die Umsetzung dieses großen Maßnahmenpakets erfordert umfangreiche Planungsarbeiten, Verhandlungen, den Einsatz von komplexen Verfahren (z. B. Flurneuordnung), deren rechtliche Voraussetzungen zumindest zunächst zu klären, evtl. auch neu zu schaffen sind. Ohne Fördermittel großen Umfangs wird die Maßnahme nicht realisierbar sein.

Nutzen

Direkter Nutzen: Schaffung einer Senke für CO₂.

Indirekter Nutzen: Schaffung einer Kompensationsmöglichkeit für unvermeidliche THG-Emissionen im Bereich der Landwirtschaft.

Aufwand

Direkter Aufwand:

Eine Spezifizierung der Kosten ist zunächst unklar und stark von der Art des Vorgehens abhängig. Möglich sind Flächenerwerb, langfristige Pacht mit Ausgleichszahlungen. Aufgrund der unvermeidbaren Auswirkungen des Klimawandels auf ertragsschwache Landwirtschaftsflächen und den damit sinkenden Deckungsbeiträgen, ist eine Erstaufforstung eine relevante betriebswirtschaftliche Alternative. Eine Nutzung von Landesliegenschaften für die Erstaufforstung kann die erforderlichen Kosten erheblich reduzieren. Kosten der Erstaufforstung können zwischen 3.000 und 8.000 € / ha liegen (ohne Pacht und Flächenerwerb), daraus resultiert eine Größenordnung von ca. 300 Mio. Euro.

Indirekter Aufwand:

Eine Maßnahme dieses Umfangs erfordert erheblichen Personalaufwand, nicht nur bei ihrer Vorbereitung und Umsetzung, sondern auch noch für die Bewältigung der Folgen für die betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe und Regionen. 15 Stellen (je Forstamt 1 Stelle plus 1 Stelle in der Betriebszentrale, alternativ private, zertifizierte Beraterinnen und Berater/Dienstleister).

4.8.2.1.7 HF 7-7: Optimierung Holzproduktespeicher

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Wälder produzieren erneuerbare Rohstoffe, die den Holzproduktespeicher (z. B. Bauholz) auffüllen können. Zu bevorzugen sind Holzverwertungen zu Produkten mit langer Lebensdauer (z. B. Bauholz, Massivmöbel); Bauholz aus Abbruchhäusern, Altmöbel etc. sollen wiederverwertet werden, z. B. als Spanplatten, Faserplatten, Papier. Am Ende von deren Nutzung können diese Produkte zusammen mit Restholz („Kaskadennutzung“) der thermischen Verwertung zugeführt werden. Diese wird dem Sektor „Energie“ zugerechnet. Damit ist der Rohstoff Holz ein für Brandenburg wichtiger Bestandteil der Bioökonomie.

Inhalt der Maßnahme:

- Die Holzernte so gestalten, dass bevorzugt langlebige Sortimente (z. B. Bauholz) verkauft werden können;
- Verkaufsverträge zwischen Forstbetrieben und Holzbearbeitern bevorzugt auf die Entstehung langlebiger Holzprodukte ausrichten;
- Die Holzindustrie (holzbearbeitend und -verarbeitend) auf Kaskadennutzung ausrichten;
- Bestehende Prozesse der Kaskadennutzung intensivieren und optimieren;
- Ggf. Fördermaßnahmen zur Einführung oder Stützung der Kaskadennutzung.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- klimaschonende Techniken und Verfahren
- Information/Beratung/Vernetzung
- Ökonomische Instrumente

Rechtsrahmen: kein spezieller Rechtsrahmen

Verantwortlichkeit

Forstbetriebe, Holzverkaufsorganisationen, Betriebe der Holzwirtschaft, ggf. Trägerorganisationen von Fördermaßnahmen.

Fristigkeit

Prozesse der Kaskadennutzung existieren bereits und sollen fortgeführt und intensiviert werden. Einführung neuer Möglichkeiten der Kaskadennutzung sind unmittelbar zu begünstigen. Es geht um Verstetigung, nicht um bestimmte Laufzeiten.

Zielgruppe

Forstbetriebe, Holzverkaufsorganisationen, Holzproduktehandel, Betriebe der Holzwirtschaft

THG-Minderung

Angesichts der Vielfalt der Vertrags- und Handelsbeziehungen auf dem Holzmarkt, auch international, ist eine quantitative Einschätzung äußerst schwierig. Schätzungen auf Deutschland-Ebene sind kaum auf Brandenburg umrechenbar.

Nutzen

Direkter Nutzen:

Es werden Senkenleistungen erzielt, die nicht unerheblich, aber nicht genau einschätzbar sind.

Indirekter Nutzen:

Holz ist für die stoffliche Substitution ein für Brandenburg bedeutender nachwachsender Rohstoff. Dem Handlungsfeld Energie kommt die thermische Verwertung der Abfallprodukte am Ende der Kaskadennutzung zugute.

Aufwand

Direkter Aufwand und indirekter Aufwand sind angesichts des komplexen Holzmarkts kaum realistisch einschätzbar. Der mögliche Aufwand für Fördermaßnahmen ist von einschlägigen Beschlüssen abhängig.

4.8.2.2 Maßnahmenbündel Handlungsschwerpunkt Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung mineralischer Böden und Steigerung der Offenland-Biomasse

Siehe [Maßnahme 5-6](#): Erhöhung des Anteils von gehölzartigen Strukturelementen (Feldgehölze, Hecken, Knicks, Baumreihen) und Agroforstsystemen sowie Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen im Handlungsfeld Landwirtschaft und Ernährung.

4.8.2.3 Maßnahmenbündel Moorschutz

4.8.2.3.1 HF 7-8: Grünlandetablierung auf Ackerflächen in der Niedermoorkulisse

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Grünlandetablierung auf Ackerflächen in der Niedermoorkulisse

Inhalt der Maßnahme:

Durch die Umwandlung von Acker- in Grünlandflächen werden auf Niedermoorstandorten bereits ohne den Anstieg des Grundwasserspiegels Emissionsreduktionen in Höhe von ca. 6,3 t CO_{2e} /ha /a erreicht.

Aufgrund der relativ einfachen technischen Durchführbarkeit ist die Maßnahme prioritär für die Reduktion der Mooremissionen durchzuführen und soll 2030 abgeschlossen sein. Damit ergibt sich, basierend auf den obigen Flächenberechnungen von Moor- und Anmoorflächen ein jährlicher Umwandlungsbedarf von ca. 5.500 ha.

Die Maßnahme ist für ein Sofortprogramm zur Klimaplanumsetzung geeignet.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente

Rechtsrahmen:

Ergänzung des Entwurfs zur Teilintervention EL-0101-03 „Moorbodenschutzmaßnahmen um den Tatbestand Umwandlung von Acker zu Dauergrünland in Form der naturschutzorientierten Grünlandnutzung (EL 0105-01) mit den entsprechenden Förderungen.

Zu untersuchen wäre ein generelles Umwandlungsprogramm Acker in Dauergrünland als AUKM in Brandenburg. Die flächige Begrenzung der bestehenden Teilintervention EL-0101-01 (MLUK 2022c) auf Gewässerränder ist dementsprechend auf die Niedermoorkulisse auszudehnen.

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land Brandenburg

Fristigkeit

Einführung unmittelbar, vollständige Umsetzung bis 2030

Zielgruppe

Landwirtschaftliche Betriebe

THG-Minderung

Größe der Maßnahmenfläche (nahe 100 %): 43.510 ha; Erwartete Klimawirkung der Maßnahme: 280 kt CO_{2e} /a bis 2030.

Nutzen

Direkter Nutzen: Emissionsreduktion

Indirekter Nutzen: Verminderung von Nährstoffeinträgen in Gewässer, Verbesserung sonstiger Ökosystemleistungen, Erhaltung von Lebensräumen

Aufwand

Direkter Aufwand: Beispielhaft AUKM AN3 Land Niedersachsen ab 2023: 2.569 € /ha; Förderung gemäß EL-0101-01 Land Brandenburg (derzeit nur für Gewässerrändern geltend) 1.600 € für 5 Jahre. (Eine Anreizkomponente ist hierin nicht enthalten.) Kalkulatorische Summe ca. 350 Mio. Euro.

4.8.2.3.2 HF 7-9: Wiedervernässung von Grünlandflächen (und vormaligen Ackerflächen), Etablierung landwirtschaftlicher Nachnutzungen

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Dauerhafte Anhebung des Grundwasserspiegels von landwirtschaftlichen Flächen innerhalb der Moorbodenkulisse des Landes Brandenburg.

Diese Maßnahme liefert das mit Abstand größte Reduktionspotenzial im Handlungsfeld.

Inhalt der Maßnahme:

Anhebung des Wasserspiegels auf das durchschnittliche Stauziel 3 bzw. auf das durchschnittliche Stauziel 3 – 4 im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ gemäß Entwurf des Moorschutzfachkonzepts (LfU unveröffentlicht).

Das Stauziel 3 entspricht einer durchschnittlichen Zielwasserstufe nach GEST von 3+/4+. Damit werden durchschnittlich mittlere sommerliche Grundwasserstände zwischen 10 und 40 cm erreicht, im Winter werden die Flächen zum Teil überstaut. Bei Stauziel 3 – 4 im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“ liegt die Spannweite der sommerlichen Grundwasserstände zwischen 0 und 40 cm. In beiden Szenarien werden auf vereinzelt tieferliegenden Teilflächen auch Grundwasserstände erreicht, bei der ein dauerhafter Erhalt, der in den kohlenstoffreichen Böden gespeicherten Kohlenstoffvorräte, möglich ist.

Die konventionelle landwirtschaftliche Nachnutzung ist deutlich eingeschränkt, extensive Grünlandnutzung ist in den höheren Lagen im reliefierten Gelände und in Abhängigkeit von Entwässerungs- bzw. Stauanlagen möglich. Bei Flächen nach GEST 4+ ist die konventionelle Grünlandnutzung nicht mehr generell möglich, hier bleibt eine landwirtschaftlich genutzte Paludikultur möglich. In Teilbereichen werden Wasserstände erreicht, in denen eine landwirtschaftliche Nachnutzung nicht wirtschaftlich sinnvoll ist, auf diesen Flächen ist eine Erstaufforstung durch Erlenbestockung eine wirtschaftliche Alternative. Die tatsächlichen Anteile einer möglichen Nachnutzung (extensives Grünland, Paludikultur unterschiedlicher Prägung, Erstaufforstung durch Erle) ist regional sehr unterschiedlich.

Die Vorbereitung, Planung und Umsetzung von Wiedervernässung ist von diversen Faktoren abhängig, wie beispielsweise der hydrologischen bzw. geologischen Situation, Art der Entwässerung bzw. der Stauanlagen, Art und Größe der Grundwassereinzugsgebiete, Lage zu Siedlungen und Infrastruktur, etc. Damit ist eine differenzierte, regionale Betrachtung der einzelnen Wiedervernässungsgebiete in einzelne hydrogeologisch und nutzungsspezifisch definierte Teilräume erforderlich. Der Entwurf des Moorschutzfachkonzepts des LfU liefert dementsprechend die Vorarbeiten und gliedert die unterschiedlichen Anforderungen an die Umsetzung.

Die Auswirkungen in den betroffenen Gebieten sind deutlich. Die eingeschränkte Nachnutzbarkeit durch die konventionelle Landwirtschaft steht dabei mit Abstand an erster Stelle durch die momentan vorhandene Einschränkung der Bruttowertschöpfung auf diesen Flächen. Die Entwicklung von landwirtschaftlichen Alternativen kann mittelfristig diese Wertschöpfungsverluste ausgleichen (siehe Maßnahme zu Wertschöpfungsketten). Weitere negative Auswirkung kann Wiedervernässung auf Siedlungen (Gebäude), in geringerem Maße auch Infrastruktur in der Moorkulisse haben.

Die Fragen nach einem ausreichenden Wasserdargebot müssen im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsfragen für die einzelnen hydrologischen Einheiten untersucht werden. Eine diesbezüglich grundsätzliche Problematik ist nach bisherigem Stand nicht zu erkennen.

[Maßnahme 7-9](#) ist als zentrale Maßnahme zu verstehen. Umsetzungsrelevante Aspekte werden fakultativ in den [Maßnahmen 7-10](#) bis [7-19](#) beschrieben.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- **Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben**
- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente

- klimaschonende Techniken und Verfahren
- Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben
- Konzepte/Studien/Leitfäden
- Information/Beratung/Vernetzung
- Planung/Planungsverfahren
- Ökonomische Instrumente
- Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen

Rechtsrahmen: Wasserrecht, WRRL, Naturschutzrecht, NATURA2000, Bauleitplanung, Agrarförderung, etc.

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Landesverwaltung inkl. betroffene nachgeordnete Behörden, unter Mitwirkung der Kommunen, unter Beteiligung der betroffenen Verbände

Fristigkeit

Moorwiedervernässung geschieht in Brandenburg momentan nur im Rahmen einzelner Pilotvorhaben sowie in Form von vorbereitenden Projekten (Projekt „Klimamoor“, Projekt „BluMo“). Die Einführung dieser und alle weiteren damit in Verbindung stehenden Maßnahmen bedeutet hauptsächlich, Wiedervernässung als Regelaufgabe zu definieren und damit die Ebene der Einzelprojekte zu überwinden.

Laufzeit: Kalkulatorisch im Rahmen der Gesamtbilanz des Klimaplanes wird ab dem Jahr 2024 von einer jährlichen Wiedervernässung von etwa 9.000 ha/Jahr ausgegangen. Da der Wiedervernässung unter anderem auch technische Umstände entgegenstehen (neben einer Vielzahl weiterer Umstände), die eine beliebige Steigerung der jährlichen Fläche nicht zulassen, bedeutet ein späterer Beginn, dass die jährliche Zielverfehlung bis 2045 nicht mehr aufgeholt werden kann.

Zielgruppe

Landwirtschaftliche Betriebe, Grundbesitzende in der Moorkulisse

THG-Minderung

Kalkulatorische Grundlage der Wiedervernässung sind 90 % der Offenland-Niedermoorkulisse, das entspricht etwa 188.000 ha. Damit wird eine Emissionsreduktion von 4,18 Mt CO_{2e}/a erreicht.

Das Potenzial landwirtschaftlicher Nachnutzung wird auf ca. 150.000 ha als gegeben eingeschätzt, etwa 37.000 ha werden in Form von Erlenforstbeständen nachgenutzt.

Nutzen

Direkter Nutzen: Die Maßnahme ist zentral für die Erreichung der Klimaneutralität Brandenburgs.

Indirekter Nutzen: Steht in unmittelbarem Zusammenhang zu [7-8](#) und [7-10](#) bis [7-19](#).

Aufwand

Direkter Aufwand: siehe [Maßnahme 7-15](#)

4.8.2.3.3 HF 7-10: Bestockung von wiedervernässten Flächen mit Erle und andere Arten der Hart- und Weichholzaue

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Die landwirtschaftliche Nachnutzbarkeit geht bei Wiedervernässung auf das im Effizienzscenario angestrebte Stauziel 3 auf Teilflächen verloren. Neben der Reduktion der THG-Emissionen nach Wiedervernässung, kann durch die Kohlenstoffbindung über Biomasse die Klimaleistung von Niedermoorstandorten durch Erstaufforstung in Form von Erlenwald oder anderen Waldformen der Hart- und Weichholzaunen signifikant gesteigert werden. Die Roterle (*Alnus glutinosa*) ist eine auf Niedermoor-Standorten natürlich vorkommende Baumart, die rasch wächst und Zuwachslleistungen bis zu jährlich 10 fm/ha und damit eine hohe Klimagas-Senkenleistung gewährleisten kann. Die Klimaresilienz der Erle bei fortschreitendem Klimawandel ist nicht abschließend erforscht, wird aber als gegeben angesehen. Erlenjungbestände leiden wenig unter Wildschäden. „Halbnasse und nasse Erlenwälder sind wertvolle Lebensräume für gefährdete Pflanzen- und Tierarten, insbesondere störungsempfindlichen Arten wie Kranich, Schreiadler oder Schwarzstorch können sie einen Lebensraum bieten.“ (Närmann et al. 2021).

Inhalt der Maßnahme:

- Die Wiedervernässung alter Niedermoore führt zu Nutzungseinschränkungen, die topographiebedingt und durch Art und Lage der Stauanlagen flächenbezogen graduell unterschiedlich ausfallen. Aus Inventurergebnissen können Empfehlungen abgeleitet werden, wo Erlenanbau möglich und gegenüber Alternativnutzungsformen vorteilhaft ist.
- Eine Begründung von Erlenbestockungen kann unterschiedlich erfolgen (Naturverjüngung nahe vorhandenen Erlenbeständen, sonst Saat oder Pflanzung).
- Kalkulatorisch kommen etwa 37.600 ha der wiedervernässten Niedermoorfläche Brandenburgs im Effizienzscenario für die Erstaufforstung mit Erle in Betracht.
- Wenn eine Bestandesbegründung mit Erle extensiv durchgeführt wird und zu unvollständigen Ergebnissen führt, so ist das für das Ziel, eine Senke zu schaffen, nicht mit wesentlichen Einschränkungen verbunden, weil auch mögliche Mischbaumarten (z. B. Weiden) zur Kohlenstoffspeicherung beitragen und außerdem die Biodiversität anreichern.
- Erlenbestände, besonders im Bereich von Fließgewässern, leiden stellenweise unter der Erkrankung durch Erlen-Phytophthora, die den Anbau gefährden kann. Erlenanbau sollte deshalb an diesen Standorten eine Infektionsgefahr zu vermeiden suchen und möglichst durch andere nassetolerante Gehölzarten (Weiden, Pappeln) ergänzt werden.

In Natura 2000-Gebieten haben nach geltendem Recht Biotop- und Artenschutz Vorrang. Es gilt ein Verschlechterungsverbot. In Natura 2000-Gebieten sind Vorhaben auf Verträglichkeit zu prüfen. In NSG und LSG sind Maßnahmen ggf. verboten bzw. unterliegen einem Genehmigungsvorbehalt. Bei Vorliegen der entsprechenden Voraussetzungen können Maßnahmen aber ausnahmsweise zugelassen werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
- Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben

Rechtsrahmen: Tangiert werden Zivilrecht, Forstrecht, Verwaltungsrecht und Naturschutzrecht

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land (MLUK), Flächeneigentümerinnen und -eigentümer, Forst- und Naturschutzbehörden; Förderprogramme mit jeweiliger Zuständigkeit.

Mitwirkungsbedarf: Kommunen (F-Planung), ggf. Flurneuordnungsbehörde.

Fristigkeit

Einführung: Möglichst bald, aber Voraussetzungen und Fördermöglichkeiten müssen gegeben sein bzw. geschaffen werden.

Laufzeit: langfristig

Zielgruppe

Eigentümerinnen und Eigentümer und Pachtende der betroffenen Flächen

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung: Eine quantitative Bemessung der Vergrößerung der Kohlenstoffbindung ist für Brandenburg schwierig und für die praktische Umsetzung an Ergebnisse einer einschlägigen Flächeninventur gebunden. Hilfsweise wird von einer Schätzung der Senkenleistung in Höhe von 5,5 t CO_{2e} /ha ausgegangen. Grundlage der Berechnung sind die Angabe zum Ertrag von Erlen mit einer Gesamtwuchsleistung von 200 – 500 m³ /ha bei Umtriebszeiten zwischen 20 und 40 Jahren im BfN-Skript 616 (Närmann et al. 2021). Im Effizienzscenario ist damit eine Senkenleistung von 220 kt CO_{2e} /a zu erreichen, die zusätzlich zur THG-Minderung durch Wiedervernässung anfällt.

Maximale Größe der Maßnahmenfläche: 37.600 ha

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Senkenleistung

Indirekter Nutzen: Biodiversität und Naturschutz, Holzproduktion

Aufwand

Direkter Aufwand: Schwer kalkulierbar. Ggf. wird öffentlicher Flächenerwerb notwendig. Eine spezielle Flächeninventur und möglicherweise Flurneuordnungsverfahren sind als Voraussetzung anzusehen. Fördermittel sind unbedingt erforderlich. Kostenansatz entspricht der in [Maßnahme 7-6](#) genannten Größenordnung bei Erstaufforstung und resultiert kalkulatorisch in ca. 190 Mio. Euro.

Indirekter Aufwand: Erheblicher Personalaufwand für Verhandlungen, Planung, Organisation und Umsetzung; 15 Stellen (je Forstamt 1 Stelle plus 1 Stelle in der Betriebszentrale, alternativ private, zertifizierte beratende Dienstleister

4.8.2.3.4 HF 7-11: Wiedervernässung von Mooren im Wald

Beschreibung**Ziel der Maßnahme:**

Reduktion von Mooremissionen in Waldmooren

Inhalt der Maßnahme:

Waldmoore sind in Brandenburg gegenüber den ausgedehnten Niedermoorflächen des Offenlandes flächenmäßig sowie in der Gesamtbilanz der Mooremissionen von geringer Bedeutung, spielen jedoch für die Biodiversität und den Landschaftswasserhaushalt eine große Rolle. Emissionen auf moorigen und anmoorigen Standorten betragen per 2020 300 kt CO_{2e} /a (Thünen 2022a).

Das Land Brandenburg hat bereits vor Jahren die Bedeutung der Waldmoore erkannt und Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen eingeleitet (Broschüre des Ministeriums für ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (MLUL 2016)). Im Fokus stehen dabei Maßnahmen der Abflussreduzierung, Waldumbaumaßnahmen im Einzugsbereich der Moorflächen sowie direkte Hiebs- bzw. Entkusselungsmaßnahmen.

Die eingeleiteten Maßnahmen müssen fortgeführt und intensiviert werden.

Dabei spielt die Landesforstverwaltung eine zentrale Rolle. Vorgeschlagen wird dementsprechend eine weitergehende personelle Unterstützung von Fachpersonal für den Moorschutz im Wald auf der Ebene der Oberförstereien oder Landeswaldoberförstereien.

Kategorie und Rechtsrahmen**Kategorie:**

- Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
- Planung/Planungsverfahren

Rechtsrahmen: wie [Maßnahme 7-10](#), zusätzlich LWaldG

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Landesverwaltung inkl. Betroffene nachgeordnete Behörden, unter Mitwirkung der Kommunen, unter Beteiligung der betroffenen Verbände

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar, Fortführung und Intensivierung des bereits begonnenen Prozesses

Laufzeit: bis 2045

Zielgruppe

Waldbesitzende und Landeswaldoberförstereien

THG-Minderung

Größe der Maßnahmenfläche: 24.714 ha

Klimawirkung der Maßnahme: 180 kt CO_{2e} /a bis 2045 gegenüber 2020.

Nutzen

Direkter Nutzen: Emissionsreduktion

Indirekter Nutzen: Steigerung der Biodiversität im Wald, Verbesserung sonstiger Ökosystemleistungen, v. a. Verbesserung des Landschaftswasserhaushalts, Erhaltung von Lebensräumen etc.

Aufwand

Direkter Aufwand: siehe [Maßnahme 7-15](#), speziell 15 zusätzliche Stellen in Brandenburg (je Forstamt 1 Stelle plus 1 Stelle in der Betriebszentrale)

4.8.2.3.5 HF 7-12: Aufstellung konzeptioneller Grundlagen für Moorschutz in Brandenburg, Anpassung des Rechtsrahmens für die Moorbewirtschaftung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Ausgestaltung und Abstimmung des Verfahrens der Wiedervernässung in Brandenburg und Schaffung entsprechender administrativer Kapazitäten (ggf. Stabsstelle, Moorschutzreferat, oder ähnliches) im MLUK für die Bearbeitung der Aufgaben.

Inhalt der Maßnahme:

– **Fachliche Ebene:**

- Schaffung der fachlichen Grundlagen für eine landesweite Wiedervernässung der Niedermoore in Brandenburg;
- Gesamträumliche- und Detailbetrachtung auf Basis hydrologischer Modelle,
- Priorisierungen,
- technische Verfahrensschritte,
- Allokation, Bewertung und grundsätzliche Abstimmung von Zielkonflikten mit anderen fachlichen Belangen (u. a. Naturschutz, (Fließ-)Gewässerschutz, Objektschutz), Kostenschätzung für Umsetzung.

Dieser Teil der Maßnahme ist bereits in Form des Entwurfs des Moorschutzfachkonzeptes des LfU in Bearbeitung bzw. bereits in Form der Kurzfassung vorliegend (LfU unveröffentlicht).

Des Weiteren ist für alle Planungs-, Genehmigungs- und Kompensationsverfahren die Definition einer rechtsverbindlichen Moorkulisse notwendig.

– **Administrative Ebene:**

- Identifizierung und Analyse der betroffenen Fachverfahren und beteiligten Landes- und Kommunalverwaltungen;
- Ausarbeitung des administrativen Rahmens (Zuständigkeiten),

- Analyse und Reform im Sinne der Beschleunigung der relevanten Planungs- und Genehmigungsverfahren (wasserrechtliche Genehmigung, jedoch in der Regel Planfeststellung auf Grundlage WHG),
- Vorschlag und Abstimmung von regional agierenden, integrierten Fachbehörden (regionales Zusammenspiel Fachverfahren wie Wasserrecht, Naturschutz, Landwirtschaft, Liegenschaften, Bodenrecht, insbesondere Bauleitplanung, Flurneuordnung, etc.) Siehe auch [Maßnahme 7-13](#);
- Identifizierung von personellen Defiziten und Stärkung der betroffenen Landesverwaltungen für die Bewältigung der administrativen Aufgaben. Insbesondere personelle Aufstockung in der Landwirtschaftsverwaltung;
- Entwicklung konzeptioneller Grundlagen für den öffentlichen Erwerb von Flächen mit hoher landwirtschaftlicher Betroffenheit für Maßnahmen des Moorschutzes
- Neudefinition der inhaltlichen Ausrichtung und entsprechend der Aufgaben der Wasser- und Bodenverbände in den von Wiedervernässung betroffenen Gebieten; Prüfung der Möglichkeiten zur Übertragung freiwilliger Aufgaben, Prüfung und ggf. Überarbeitung der Beitragsstruktur, insbesondere bei von Wiedervernässung betroffenen Landwirtschaftsbetrieben
- **Gesellschaftliche Ebene:**
 - Analyse und konzeptionelles Vorgehen beim Zusammenspiel von Wasserwirtschaft, Wasser- und Bodenverbänden, Fachverwaltungen, Naturschutz, Landnutzende, Grundbesitzende und Hauseigentümerinnen und -eigentümer.
 - Regelungen zu Art und Umfang von Beteiligungsverfahren der Betroffenen (hier v. a. Unterscheidung zwischen Landnutzenden und Grundbesitzenden),
 - Ausgestaltung von Information und Aufklärung zu Fragen des Moorschutzes; Ausgestaltung einer klaren, stringenten Kommunikation mit Landbesitzenden und Landbewirtschaftenden
- **Rechtsrahmen:** Identifizierung von Regelungsbedarfen und Entwicklung eines Rechtsrahmens für die Fragen des Moorschutzes. Betroffen sind nach derzeitigem Stand:
 - Wasserrecht
 - Nationales und europäisches Natur- und Artenschutzrecht
 - Bodenschutzrecht
 - ROG, BauGB

Notwendig erscheint die Definition von Moorschutz als staatliche Pflichtaufgabe. Es ist darüber hinaus zu prüfen, inwieweit die gesetzliche Definition eines eigenständigen, neu zu schaffenden Fachrechts für Moorschutz mit entsprechenden Ge- und Verboten in rechtsverbindlich festgesetzten Moorkulissen den Moorschutz als in den meisten Fachverfahren abzuwägenden Belang zu einem eigenständige Schutzgut aufwertet und somit zu einer Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsverfahren führen kann (Einführung eigenständiges Moorschutzrecht). Letzterer Punkt muss auf Ebene des Bundes unter Beteiligung der Bundesländer durchgeführt werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Konzepte/Studien/Leitfäden
- Information/Beratung/Vernetzung
- Ökonomische Instrumente

Rechtsrahmen: siehe Maßnahmenbeschreibung

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: konzeptionell Landesregierung unter Beteiligung der in der Beschreibung genannten Ressorts und Fachämter

Fristigkeit

Einführung: unmittelbar

Laufzeit: kurzfristig, Ein Moorschutzprogramm ist seitens MLUK bereits in Aufstellung. Ggf. sind einige der o. g. Punkte zu ergänzen.

Zielgruppe

Alle an der Moorwiedervernässung Beteiligten

THG-Minderung

Indirekt durch erwartete Beschleunigung der Wiedervernässungsverfahren.

Nutzen

Die konzeptionellen Grundlagen sollen die Basis für eine effiziente und schnelle Umsetzung von Moorschutzverfahren in Brandenburg sein.

Bei konsequenter Einführung von Beteiligungsinstrumenten der örtlich Betroffenen, ist mit einer gesteigerten Akzeptanz und einer Beschleunigung der Transformation zu rechnen.

Aufwand

Direkter Aufwand: Zusätzliche Stellen im MLUK innerhalb neuer Strukturen (Stabstelle, Moorschutzreferat, oder ähnliches) sowie in der obersten Landwirtschaftsverwaltung scheint zwingend erforderlich.

4.8.2.3.6 HF 7-13: Effiziente administrative Strukturen für die Planung und Umsetzung von Moorschutzmaßnahmen - Mooragentur Brandenburg

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Einrichtung einer eigenständigen Agentur mit regionalisierten Strukturen für die umfassende inhaltliche und administrative Begleitung der Wiedervernässungsverfahren sowie eines integrierten, zentralen „Beratungs- und Kompetenzzentrums Wiedervernässung“.

Die Mooragentur ist als „One-Stop-Agency“ der Ansprechpartner Vor-Ort für Landnutzende, Grundbesitzende und sonstige Betroffene (z. B. Hausbesitzende) und schafft deren Verbindung zu öffentlichen Planungs- Genehmigungs- und Förderinstitutionen (MLUK, LELF inkl. Flurbereinigungsbehörde, LfU, Wasser- und Bodenverbände, Kommunen, ILB). Die Mooragentur ist damit der zentrale Akteur bei der Durchführung der Wiedervernässungsverfahren.

Inhalt der Maßnahme:

- Schaffung einer Mooragentur Brandenburg mit regionalisierten Strukturen. Die Zuschnitte der Zuständigkeiten der einzelnen Geschäftsstellen muss sich dabei an den naturräumlich-hydrologischen Gegebenheiten orientieren (Definition nach hydrologisch und topographisch definierten Raumeinheiten). Eine Orientierung an administrativen- oder Schutzgebietsgrenzen wird nicht empfohlen.
- Die Mooragentur als Einrichtung des Landes muss zwingend über geeignete Strukturen (Aufsichtsrat, berufene Beiräte oder ähnliche Strukturen) paritätisch mit getragen werden durch die Verbände und kommunale Vertretende (Bauernverband, Umweltverbände, kommunale Vertretende). Das führt zu einer Erhöhung der Akzeptanz in den Regionen und der Öffentlichkeit.
- Aufgabenspektrum:
 - Regionaler Ansprechpartner für die Moorschutzumsetzung für Landnutzende und besitzende und sonstige Betroffene
 - Begleitung und Steuerung der Verwendung finanzieller Mittel für Kompensation und Entschädigung (Moorfonds)
 - Begleitung und Steuerung der Verwendung finanzieller Mittel für Fördermaßnahmen zum Moorschutz
 - Administrative Betreuung sonstiger Regelung zu Entschädigungen
 - Begleitung und Steuerung von öffentlichem Flächenkauf

- Bearbeitung von jährlichen Berichtspflichten zum Umsetzungsstand der Wiedervernässung (Report, Monitoring) in einem standardisierten Verfahren.
- Prozessbegleitung in Genehmigungsverfahren (wasserrechtliche Genehmigungen, Koordinierung von Flurneuordnungsverfahren, etc.). Die eigentliche Genehmigung bleibt aus rechtlichen Gründen unberührt.

Zu prüfen ist, ob in einem zweiten Schritt tatsächliche Entscheidungskompetenz in Planungs-, Genehmigungs- oder Bewilligungsverfahren durch die Agentur übernommen werden kann.

- Darüber hinaus kann die Mooragentur als Teilkomponente ein zentrales Beratungs- und Kompetenzzentrum zum Moorschutz aufbauen. Auch eine direkte Zusammenarbeit mit regionalen Landwirtschaftsvertretern wäre auf Ebene der regionalen Strukturen der Mooragentur denkbar.
- Das Kompetenzzentrum
 - fungiert als zentraler Ansprechpartner für alle wissenschaftlichen und technischen Fragen
 - kann als Kontaktstelle für Agrar-Klima-Beratende fungieren
 - schafft eine enge Vernetzung mit den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Niedersachsen und ggf. zu entsprechenden Strukturen in Polen
 - kann am bundesweiten Netzwerk "AK Agrar-Klimaberater" (siehe entsprechende Maßnahme im Handlungsfeld Landwirtschaft) bzw. alternativer bundesweiter Netzwerke zum Moorschutz sein

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Administrative Ausgestaltung
- Planung/Planungsverfahren
- Information/Beratung/Vernetzung

Rechtsrahmen: (Rechtliche Bezüge und ggf. Änderungsbedarfe)

Kategorie (ggf. mehrere bei Maßnahmenbündel)

Rechtsrahmen (Rechtliche Bezüge und ggf. Änderungsbedarfe)

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit Landesregierung; Wirkung der involvierten Fachämter LELF, LfU, Wasser- und Bodenverbände, Kommunen

Fristigkeit

Einführung: Da die Mooragentur eine Schlüsselstellung für eine administrativ verstetigte, andauernden, regional orientierte und transparente Prozessbegleitung einnimmt, sollte sie mit höchster Priorität eingeführt werden. Es ist anzustreben, dass die Fragen der administrativen Anbindung, rechtlichen Ausgestaltung (Stiftung, Körperschaft öR.) und finanzielle Ausstattung innerhalb der laufenden Legislatur geklärt werden.

Laufzeit bis zur vollständigen Umsetzung (2045)

Zielgruppe

Landnutzende und Grundbesitzende, sonstige Betroffene in der Moorkulisse

THG-Minderung

Der Erfolg der Wiedervernässung hängt maßgeblich von der Akzeptanz Vor-Ort ab. Einige der wesentlichen Komponenten sind die direkte und personell konstante Ansprache und Begleitung der Betroffenen in den jeweiligen Regionen, der niederschwellige Zugang zu Kompensation und Förderung, die niederschwellige Betreuung administrativer Verfahren. Wichtige Funktion ist ebenfalls das regelmäßige, auf Erfolgsindikatoren basierende Zielerreichungsmonitoring.

Nutzen

Direkter Nutzen: Steigerung der Akzeptanz staatlichen Handelns in den Regionen Brandenburgs

Aufwand

Direkter Aufwand: 12 Regionalstellen mit jeweils 5 Fachkräften; insgesamt 60 Personalstellen dauerhaft bis 2045. Ein zentrales Kompetenzzentrum mit 5 Fachkräften zusätzlich.

Indirekter Aufwand: Kosten für den Betrieb der Regionalstellen und des Kompetenzzentrums

4.8.2.3.7 HF 7-14: Schaffung und Einführung von Finanzierungsinstrumenten zur Umsetzung der Moorwiedervernässung; Einrichtung des „Moorfonds Brandenburg“

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Einrichtung eines Sondervermögens „Moorfonds Brandenburg“ als umfassendes Finanzierungsinstrument für Moorschutzmaßnahmen

Inhalt der Maßnahme:

- Bündelung von Finanzmitteln aus dem Landeshaushalt, dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz des BMUV, ggf. künftige Bundesmittel sowie private Mittel (private Stiftungen u. ä.)
- Inwieweit in der Förderperiode ab 2028 aufgrund einer zukünftigen GAP-Reform GAP/ELER-Mittel in den Moorfonds integrierbar sind, bleibt abzuwarten.
- Ggf. revolvingierende Komponenten durch Einnahmen aus CO₂-Zertifikaten, Moorfutures und ggf. Etablierung sonstiger Zertifikate, sonstige Mittel aus der Wirtschaft, ggf. Mittel aus Zertifizierungen
- Zu prüfen: Ausgestaltung in Form eines Bund-Länder-Ausgleichsfonds zur Lastverteilung zwischen mehr oder weniger betroffenen Bundesländern und dem Bund
- Moorfonds sowohl für großflächige Projekte der Mooragentur als auch für Kleinprojekte von Einzelpersonen oder -initiativen

Aufgrund der enormen finanziellen Dimension der finanziellen Folgen der Wiedervernässung in den davon hauptsächlich betroffenen Ländern, ist der Moorfonds Brandenburg mit den für den Strukturwandel eingerichteten Sondervermögen in den betroffenen Braunkohleregionen vergleichbar. Die Struktur und Finanzierung der Braunkohle-Sondervermögen kann auch deshalb als Blaupause dienen, weil die Bundesländer in extrem unterschiedlichem Maß vom Umfang der Moorwiedervernässung betroffen sind.

Eine Ankopplung an den Zertifikatehandel entspricht von der Größenordnung des prognostizierten Finanzbedarfs dem aktuellen CO₂-Börsenpreis:

4,68 Mt CO_{2e} /a multipliziert mit durchschnittlich 60 € /t CO_{2e} ergibt 280 Mio. € /a (Summe: 6,5 Mrd. € bis 2045)

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
- Ggfs. zukünftig vorhandene ökonomische Instrumente (CO₂-Zertifikate, etc.)

Rechtsrahmen: landwirtschaftliches Förderrecht, förderrechtliche und ökonomische Regelungen zum Klimaschutz

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land Brandenburg unter Mitwirkung des Bundes

Fristigkeit

Einführung: in laufender Legislatur

Laufzeit: bis zur Zielerreichung, dauerhaft

Zielgruppe

n/a

THG-Minderung

Keine eigenständige THG-Minderung

Nutzen

Der Moorfonds ist das zentrale Finanzierungsinstrument der Wiedervernässung.

Aufwand

Direkter Aufwand:

Der Aufwand lässt sich in vier Teilbereiche gliedern:

- Technische Umsetzung (120 Mio. € bis 2030)

- Administrative Betreuung und Begleitung, hier v. a. Personalmittel der beteiligten Institutionen, einschließlich Rechts- und Sachverständigengutachten, Forschung und Entwicklung, Betrieb der Mooragentur (80 Mio. € bis 2030), ohne die vorgeschlagenen, zusätzlichen Personalstellen der unterschiedenen Maßnahmenvorschläge.
- Kompensation, Förderung, Flächenerwerb, Erstaufforstung Erle (783 Mio. € bis 2030)
- Entschädigung (derzeit nicht ermittelbar)

Die Kostenansätze zur technischen Umsetzung basieren auf dem Entwurf des Moorschutzfachkonzepts des LfU (LfU 2022).

4.8.2.3.8 HF 7-15: Schaffung und Einführung von Entschädigungs-, Kompensations- und Förderinstrumenten zum Moorschutz

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Die Wiedervernässung von Landwirtschaftsflächen geht mit einer wesentlichen Transformation landwirtschaftlicher Nutzung einher. Kurz- und mittelfristig ist davon auszugehen, dass die landwirtschaftlichen Deckungsbeiträge, die vor der Wiedervernässung erzielbar waren, durch eine landwirtschaftliche Nachnutzung nicht vollständig zu realisieren sind. Die Höhe des Verlustes der Deckungsbeiträge ist von der Entwicklung einer „nassen Landwirtschaft“ (Maßnahme [7-18](#)) abhängig. Es ist zu erwarten, dass landwirtschaftliche Erträge bei Etablierung entsprechender neuer Wertschöpfungsketten mittel- und langfristig wieder steigen.

Daneben sind Auswirkungen auf Gebäude und sonstigen gebauten Anlagen zu erwarten, die sich innerhalb der wiedervernässten Moorkulisse oder in Randlage zu ihr befinden.

Darüber hinaus ist eine Auswirkung auf den Grundstückswert zu vermuten. Letzterer ist jedoch von einer Vielzahl von Faktoren abhängig (Entwicklungen auf dem Grundstückmarkt, etc.). Zu beachten ist ebenfalls, dass es ohne Wiedervernässung aufgrund von Klimawandelprozessen einen fortschreitenden Verlust der Bonität der Flächen gibt, die ihrerseits (negative) Auswirkungen auf den Grundstückswert haben.

Inhalt der Maßnahme:

Landwirtschaftliche Förderinstrumente, GAK:

- Eine Erweiterung der bisherigen GAK-Förderlinien im Bereich AUKM ist notwendig. Ab 2023 geplante Fördertatbestände sind nachfolgend gelistet, Erweiterungen sind vorzunehmen:
 - Dauerhafte Umwandlung Acker zu Grünland (siehe Maßnahme [7-8](#)), als AUKM derzeit nur an Gewässerrändern verfügbar (MLUK 2022c). Eine generelle Förderung der Umwandlung von Acker zu Grünland in der Moorkulisse wird derzeit nicht gefördert, Förderinstrumente müssen geschaffen werden.
 - Die Intervention EL-0101-03 wird vom Land Brandenburg umgesetzt (MLUK 2022d), sie ist zunächst eine Basis für die standortangepasste Nutzung von Niedermooren (gestaffelte Förderung von Wasserrückhalt auf mindestens 40 cm unter Flur (uF) bis mind. 10 cm uF, sowie gesondert bei Winterüberstau, Anlage von Paludikultur auf Ackerland sowie Beweidung).
 - Die Interventionen EL-0101-04 „Wasserrückhalt in der Landschaft“ kann bei Verzahnung mit der AUKM zum Moorbodenschutz einen weiteren Beitrag zu Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes leisten (MLUK 2022e).
 - Die Intervention EL-0101-05 fördert Kooperation von landwirtschaftlichen Betrieben beim Moorbodenschutz und beim Wasserrückhalt in der Landschaft (MLUK 2022f).

Inwieweit der angelegte Förderrahmen ausreicht und damit eine Durchdringung in der Umsetzung stattfindet, bleibt abzuwarten. Ferner ist zu klären, inwieweit der notwendige Finanzrahmen für die im Effizienzscenario definierte mindeste jährliche Flächenquote ausreicht. Es

ist zu erwarten, dass mindestens ab 2027 der Umfang an AUKM um Größenordnungen steigen wird und das Ambitionsniveau auch für ehemalige Grünländer (Umwandlung Dauergrünland in Dauer-Paludikultur) zur Verfügung steht.

Eine Erstaufforstung mit Erlen ist im Rahmen AUKM nicht förderfähig.

- Die Beihilfefähigkeit von „nasser Landwirtschaft“ über die 1. Säule der EU-Agrarpolitik (GAP) ist ab 2023 möglich. Im § 12 der GAPKondVO wird der Anbau von Paludikulturen in der GLÖZ 2-Kulisse als zulässig bestimmt. Inwieweit alle Formen von Paludikulturen, also insbesondere genutzte Schilf, Rohrkolben und Seggenbestände, in der neuen Förderperiode beihilfefähig sind, ist nach derzeitigem Kenntnisstand nicht endgültig geklärt. Die GLÖZ 2 Kulisse liegt für Brandenburg vor. Eine Einschränkung wird durch nationale und europäische Naturschutzregelungen definiert, die in vielen Gebieten der Brandenburgischen Moorkulisse auftreten werden. Hier muss jenseits beihilferechtlicher Regelungen eine generelle Lösung zwischen den auftretenden Zielkonflikten, insbesondere zu den FFH- und SPA-Gebieten diskutiert und entschieden werden.
Nach 2027 ist es erforderlich, dass zukünftige GAP-Förderungen das Thema Moorschutz im landwirtschaftlichen Raum wesentlich konsequenter adressieren als bisher. Das Land Brandenburg muss über den Bund diesbezüglich Vorschläge für eine GAP-Reform rechtzeitig formulieren. Das betrifft vor allem die Fragen der inhaltlichen Ausgestaltung der Beihilfefähigkeit generell als auch die Ausgestaltung künftiger AUKM-Maßnahmen sowie insgesamt eine deutliche Fokussierung des zur Verfügung stehenden Finanzrahmens für den Moor- und Klimaschutz.
- Die ergänzend in Brandenburg neu eingefügte Förderrichtlinie „Klima-Moorschutz Investiv“ soll 2022 in Kraft treten und unter anderem die nasse Bewirtschaftung von Moorböden und die Verwertung der Biomasse mit einem Volumen von 15,2 Mio. € unterstützen.

Natürliches Erbe:

- Die Förderrichtlinie zum natürlichen Erbe und Umweltbewusstsein ist in Brandenburg mit dem Fokus auf die NATURA2000-Richtlinie erlassen worden und dient in verschiedenen Instrumenten der Verbesserung des Erhaltungszustandes von Lebensraumtypen. Grundlage ist u. a. der Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK). Moorschutz und Aspekte der Wiedervernässung spielen nur dann eine Rolle, wenn die Erhaltungszustände von moorbezogenen LRTs betroffen sind.
Der Richtlinienteil D – „nichtproduktiver investiver Naturschutz“ kann bei entsprechender inhaltlicher Erweiterung (und der damit verbundenen deutlich besseren finanziellen Ausstattung) für Maßnahmen der Wiedervernässung nutzbar gemacht werden. Da eine wesentliche Beteiligung des Bundes im Rahmen von GAK existiert, sind die entsprechenden Regelungen im Bund-Länderrahmen zu prüfen.

KULAP:

- Die Richtlinie zur Förderung umweltgerechter landwirtschaftlicher Produktionsverfahren und zur Erhaltung der Kulturlandschaft der Länder Brandenburg und Berlin (KULAP) fördert u. a. auch die Aspekte des Moorschutzes. Im Richtlinienteil wird beispielsweise die dauerhafte Umwandlung von Ackerland in extensives Dauergrünland gefördert. Eine Ergänzung der KULAP-Förderung u. a. für die Umwandlung landwirtschaftlicher Flächen zu Paludikulturen ist zu prüfen.

Entschädigungen:

- Auswirkungen auf Gebäude und sonstige bauliche Anlagen müssen entschädigt werden. Hierzu muss ein entsprechendes Verfahren per Rechtsverordnung festgelegt werden. Zwingend ist die vorherige gutachterliche Bewertung der zu erwartenden Beeinträchtigungen sowie der zu ergreifenden baulichen Schutzmaßnahmen erforderlich. Die Entschädigung kann in Form von nicht rückzahlbaren Zuschüssen auf Kostennachweis erfolgen.

Erwerb von Vernässungsrechten:

- Mit dem Erwerb von Vernässungsrechten wird eine jährliche Kompensationszahlung an den Flächeneigentümer oder die -eigentümerin durch die öffentliche Hand vereinbart. Am Ende einer festgelegten Laufzeit erhält die öffentliche Hand eine Kaufoption für die infrage stehenden Flächen. Das Instrument stellt damit eine Kombination aus Entschädigung und Ankauf

von Liegenschaften dar und kann Vorteile in der Akzeptanz der Wiedervernässungsmaßnahmen bringen. Die Kosten sind vergleichbar mit dem direkten Erwerb der Flächen durch die öffentliche Hand.

Sonstige Förderinstrumente:

- Eine inhaltliche Ergänzung der Förderung zur Stärkung der Regulationsfähigkeit des Landschaftswasserhaushaltes und der nachhaltigen naturnahen Entwicklung nach ELER / GAK für den Zweck des Moorschutzes ist zu prüfen.

Generelle Diskussion:

Angesichts des enormen Finanzbedarfs bei der Transformation der landwirtschaftlichen Nutzung in Niedermoorgebieten Brandenburgs ist es unter Umständen sinnvoll, eine neue, eigenständige Förderlinie zu schaffen, welche die bestehende und zukünftige GAP-Förderung ergänzt.

Folgende Rahmenbedingungen müssen Förderungen, Entschädigungen und Kompensationen grundsätzlich erfüllen:

- Ein drohender zeitweiser oder dauerhafter Verlust oder eine Verringerung der landwirtschaftlichen Deckungsbeiträge durch Wiedervernässung muss vollständig ausgeglichen werden. Grundlage des Ausgleichs sind die aktuell erwirtschafteten, pauschalen Deckungsbeiträge nach Hauptnutzungsarten.
- In der Berechnung des Ausgleichs müssen zukünftige Erträge durch nasse Landwirtschaft (Paludikultur, extensive Grünlandnutzung, etc.) Berücksichtigung finden.
- Investive Förderungen müssen ohne Eigenanteil der Antragsteller ausgereicht werden.
- Entschädigungen müssen nach gutachterlicher Bewertung vollständig ausgereicht werden.
- Der Förderrahmen ist dauerhaft anzulegen, die Bereitstellung der erforderlichen Mittel ist dauerhaft sicherzustellen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
- Ökonomische Instrumente

Rechtsrahmen: Förderinstrumente der GAP, des Bundes sowie des Landes Brandenburg

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Landesverwaltung, Bund, EU

Fristigkeit

Einführung: Förderinstrumente sind bereits vorhanden und werden im Rahmen der kommenden GAP-Förderperiode erweitert. Nach derzeitigem Stand sind die Instrumente in Zukunft noch wesentlich zu schärfen und zu ergänzen.

Zielgruppe

Landwirtschaftliche Betriebe, Landbesitzende, sonstige Betroffene

THG-Minderung

Kein eigenes THG-Minderungspotenzial

Nutzen

Indirekter Nutzen: Eine Erhöhung der Akzeptanz der Wiedervernässung ist bei verlässlicher und dauerhaft ausreichender finanzieller Ausstattung der Förderlinien zu erreichen.

Aufwand

Siehe [Maßnahme 7-14](#)

4.8.2.3.9 HF 7-16: Flurneuerungsverfahren zum Zwecke der Wiedervernässung

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Nutzung und Stärkung der Instrumente der Flurneuerung in Zusammenhang mit den erforderlichen Genehmigungsverfahren (möglichst vereinfachtes Verfahren) nach BbgLEG für die Neuordnung von Liegenschaften der teilräumlich von Wiedervernässung betroffener LW-Betriebe.

Inhalt der Maßnahme:

Obwohl die Verfahren zum Teil sehr langwierig sind, besteht damit die Möglichkeit, regional einen effektiven Ausgleich der unterschiedlichen Interessen landwirtschaftlicher Betriebe mit den kleinräumig unterschiedlich auftretenden Auswirkungen von Wasserstandsanhebungen zu schaffen.

- Bestehende öffentliche Liegenschaften können als Potenziale für freiwilligen Landtausch genutzt werden, ggf. ergänzt um Landerwerb durch das Land (siehe [Maßnahme 7-17](#)).
- Damit ist auch eine Berücksichtigung unterschiedlicher einzelbetrieblicher Rahmenbedingungen (Produktionsstruktur, Investitionszyklen, Struktur der Eigentümerinnen und Eigentümer sowie Pachtenden, Betriebsnachfolge, etc.) möglich.

Weiterer wesentlicher Inhalt ist die Frage der finanziellen Beteiligung der betroffenen Landbesitzende am Flurbereinigungsverfahren. Die „Richtlinie zur Förderung der Flurbereinigung“ steht im Einklang mit dem GAK-Rahmenplan. Eine Kostenfreistellung (100 %-Förderung) ist dort nicht vorgesehen. Gleichwohl können bereits nach den gültigen Rechtsvorschriften des FlurbG, insbesondere nach § 86 Absatz 3, dem Vorhabenträger die von ihm verursachten Ausführungskosten auferlegt werden. Ziel muss es sein, die entstehenden Kosten vollständig durch die öffentliche Hand zu tragen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Planung/Planungsverfahren

Rechtsrahmen: FlurbG, BbgLEG, FlurbFördRichtlinie

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Landesverwaltung

Fristigkeit

Einführung: in Legislatur

Laufzeit: dauerhaft

Zielgruppe

Grundbesitzende, indirekt Landnutzende in der Moorkulisse

THG-Minderung

Keine eigenständige THG-Minderung

Nutzen

Indirekter Nutzen: Positiver Beitrag zur Struktur im ländlichen Raum

Aufwand

Direkter Aufwand: deutliche personelle Stärkung der Flurbereinigungsverwaltung beim LELF

4.8.2.3.10 HF 7-17: Aufbau Flächenpool zum Zwecke der Wiedervernässung

Beschreibung**Ziel der Maßnahme:**

Ein öffentlicher Flächenpool inkl. öffentlicher Flächenverwaltung von Liegenschaften innerhalb der Moorkulisse steht als Bestandteil einer strukturellen Lastenverteilung neben den Instrumenten von Förderung und Kompensation der [Maßnahme 7-16](#).

Inhalt der Maßnahme:

In bestimmten Einzelfällen kann der Erwerb landwirtschaftlicher Liegenschaften durch die öffentliche Hand sowohl für den Erwerbenden als auch für den Verkaufenden opportun sein. Der Verkaufende hat einen rechtssicher, verbindlich und eindeutig kalkulierbaren Erlös der eigenen Fläche. Gleiches gilt für die öffentliche Hand, insbesondere auch weil in den meisten Kompensationsberechnungen durch deren Langfristigkeit deutlich höhere Kosten auflaufen.

Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

- Ein Pool an öffentlichen Liegenschaften ist als Gegenstand von Flächentausch im Rahmen der Flurneuordnung notwendig
- Öffentlicher Flächenkauf kann im Einzelfall zur Auflösung von Blockaden einzelner Landbesitzenden beitragen
- Für diese Aufgabe müssen rechtliche wie administrative Rahmenbedingungen geschaffen werden (z. B. Flächenbevorratung).
- Eine Berücksichtigung und Bündelung weiterer Regelungsbedarfe in der landwirtschaftlichen Struktur über den Moorschutz hinausgehend, ist sinnvoll. So erscheint die Wiedereinrichtung einer brandenburgischen öffentlichen Flächenverwaltung auch vor dem Hintergrund der Erfordernisse des Moorschutzes sinnvoll.
- Um einer außerordentlichen Entwicklung der Grundstückskosten in der Moorkulisse entgegenzuwirken, sollten der Flächenerwerb im Rahmen vorher festgelegter Preisbedingungen (Kaufpreishöhe) und gedeckelter Erwerbskontingente erfolgen, beispielsweise im Rahmen von Auktionen nach dem Windhundprinzip.
- Moorschutzgerechte Verpachtung von landeseigenen Flächen
- Es ist zu prüfen, inwieweit sich ein Vorkaufsrecht der öffentlichen Hand für Moorflächen etablieren lässt.

Öffentlicher Flächenerwerb wird für die genannten Einzelfälle, nicht aber im Rahmen eines groß angelegten Aufkaufprogramms empfohlen.

Kategorie und Rechtsrahmen**Kategorie:**

- Ökonomische Instrumente

Rechtsrahmen: u. a. LHO, off. Liegenschaftsverwaltung

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Landesverwaltung

Fristigkeit

Einführung: in Legislatur

Laufzeit: dauerhaft

Zielgruppe

Landbesitzende

THG-Minderung

Keine direkte THG-Minderung

Nutzen

Direkter Nutzen: Teil einer Kompensationsstrategie bei Wiedervernässung

Indirekter Nutzen: Erhöhung der lokalen Akzeptanz

Aufwand

Direkter Aufwand: Schwer bezifferbar. Zugrunde gelegt sollen die jeweils aktuellen Marktpreise, außerordentlichen Preisentwicklungen muss entgegengewirkt werden (s. o.)

4.8.2.3.11 HF 7-18: Wertschöpfungsketten nasse Landwirtschaft, Strukturen für eine Markteinführung (Abnahmegarantien)

Beschreibung

Ziel der Maßnahme:

Ziel der Maßnahme ist die Unterstützung bei der Entwicklung von Anbau und Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Produkten aus nasser Landwirtschaft.

Daneben sind Strukturen zu schaffen und zu fördern, die den Markteintritt für die erzeugenden Betriebe beschleunigen und absichern.

Inhalt der Maßnahme:

- Förderung von Forschung und Entwicklung zu standardisierten Produktionsverfahren von Paludikulturen sowie deren industrieller Verarbeitung
- Schaffung spezieller Förderlinien (Wirtschaftsförderung) für Produkte und Dienstleistungen für die landwirtschaftliche Nutzung auf wiedervernässten Flächen.
- Förderung regionalisierter Vermarktungsketten (Beispiel: Nutzung Wasserbüffel (Schlachtung, Weideschuss, Aufbau lokaler Fleischverarbeitung)
- Schaffung und Förderung von Maschinenringen zum gemeinsamen Betrieb an Moorbewirtschaftung angepassten Bewirtschaftungs- und Erntemaschinen
- Erarbeitung von Zertifizierungen für die moor- und klimaschonenden Landwirtschaftsbetriebe und Produkte; z. B. Prüfung Anpassung der Brandenburger Qualitätszeichen
- Besonders in der initialen Phase der Betriebsumstellungen, ist eine verlässliche Abnahme der Produkte aus Paludikulturen für die Landwirtschaft zu schaffen bzw. zu fördern. Selbiges gilt, wenn sich in einzelnen Produktlinien keine auskömmlichen Wertschöpfungsketten herausbilden. Damit wird die klassische staatliche Intervention relevant, bei der über eine Abnahmegarantie eindeutig definierte landwirtschaftliche Produkte/Rohstoffe zu festgelegten Interventionspreisen erworben werden, die dann privat oder öffentlich weitervertrieben werden. Ggf. wird die Schaffung einer staatlichen Interventionsstelle notwendig. Die Intervention wird bis zur Bildung stabiler Produktionsketten und bis zur Etablierung beständiger (privatwirtschaftlicher) Vermarktungsstrukturen aufrechterhalten.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie:

- Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente
- Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben
- Konzepte/Studien/Leitfäden
- Information/Beratung/Vernetzung
- Ökonomische Instrumente

Rechtsrahmen: Förderrecht, rechtliche Rahmenbedingungen für die staatliche Intervention

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Landesverwaltung

Fristigkeit

Einführung: in Legislatur

Laufzeit: Staatliche Interventionsstelle ist für die Dauer der Markteinführungsphase relevant.

Zielgruppe

Landwirtschaftsbetriebe, verarbeitendes Gewerbe für Produkte nasser Landwirtschaft

THG-Minderung

Keine direkte THG-Minderung

Nutzen**Indirekter Nutzen:** Erhöhung der Akzeptanz durch die Landwirtschaftsbetriebe, Positive Beiträge zur Regionalentwicklung**Aufwand****Direkter Aufwand:** Personal und Infrastruktur für die Interventionsstelle sind derzeit nicht zu ermitteln.**4.8.2.4 Maßnahmenbündel Klimaschonende Flächennutzung/Siedlungs- und Regionalentwicklung****4.8.2.4.1 HF 7-19: Klimaschonende Siedlungsentwicklung****Beschreibung****Ziel der Maßnahme:**

Realisierung eines klimagerechten Flächenmanagements in Brandenburg.

Inhalt der Maßnahme:

- Ausgestaltung von Instrumenten für eine Verringerung der Flächeninanspruchnahme; Weitergehende Umsetzung des 30-Hektar-Ziels der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie über die Regional- und Landesplanung, d. h. Einhaltung einer maximalen zusätzlichen Flächeninanspruchnahme von 1,3 Hektar
- Finanzielle Unterstützung der Kommunen bei der klimagerechten gemeindlichen Bauleitplanung (weitere Unterstützung für die Einrichtung von Stellen für das Klimaschutzmanagement – Anschluss an die Bundesförderung)
- Gemeindliche Unterstützung (Förderung) von Katastern für ein Flächenrecycling (Baulückenkataster, Konversionsflächen, Brachflächen, zukünftiges Entsiegelungskataster)
- Finanzielle Unterstützung der Kommunen für die Aufstellung eines Energienutzungsplans (z. B. (Stmwi Bayern 2022))
- Prüfung von Steuerungsmöglichkeiten zum Ausbau der Photovoltaik mit dem Fokus auf multifunktionale Flächennutzung (Agri-PV, Paludi-PV) in der Raumordnungsplanung
- Implementierung der Moorschutzbelange in die Landesentwicklungsplanung (Ergänzung Freiraumverbundkulisse oder Vorrangkulisse Moorschutz)
- Vermeidung einer Siedlungsentwicklung auf organischen/anmoorigen Böden, Schärfung des entsprechenden Schutzguts bei der Abwägung in der Bauleitplanung und Regionalplanung (Bundratsinitiative)

Kategorie und Rechtsrahmen**Kategorie:** Umsetzung emissionswirksamer Vorhaben
Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente**Rechtsrahmen:** Förderrecht des Landes, BauGB**Verantwortlichkeit****Umsetzungszuständigkeit:** Landesverwaltung (u. a. Gemeinsame Landesplanungsabteilung BE-BB), Kommunen**Mitwirkungsbedarf:** Landkreise, Planungsstellen der Regionalen Planungsgemeinschaften**Fristigkeit****Einführung:** in Legislatur**Laufzeit:** dauerhaft**Zielgruppe**

Kommunen

THG-Minderung

Quantitative Abschätzung: THG-Reduktion von 40.000 t CO_{2e} /a bis 2045 aus Umsetzung Flächenziel des Bundes von 30 ha und Verzicht auf Neuinanspruchnahme von organischen Böden bei der Siedlungsentwicklung; THG-Minderung der Implementierung einer Vorrangkulisse zum Moorschutz, siehe entsprechenden Handlungsschwerpunkt.

Indirekt: Stabilisierung der Kohlenstoffsенke des Waldes durch Vermeidung der Inanspruchnahme von Waldflächen durch ungesteuerte EE-Erzeugung.

Nutzen

Direkter Nutzen: THG-Minderung

Indirekter Nutzen: Sicherstellung und Stabilisierung sonstiger Ökosystemdienstleistungen bei der Siedlungsentwicklung

Aufwand

Direkter Aufwand: n/a

4.9 Handlungsfeld 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte

Mit dem Beschluss der Brandenburger Landesregierung vom 16. November 2021 wurden neben den mehr oder weniger ressortspezifischen und nahe an den Sektoren liegenden Handlungsfeldern auch eine Reihe übergreifender Handlungsschwerpunkte identifiziert und im Handlungsfeld 8 gebündelt zusammengefasst und in der erweiterten Fassung der Anlage zum Kabinettsbeschluss genauer ausformuliert. Diese übergreifenden Handlungsschwerpunkte beinhalten zum Teil neue Aspekte, greifen jedoch auch Themen auf, die in mehreren anderen Handlungsfeldern bereits spezifischer behandelt werden. Das Thema kommunaler Klimaschutz, das ebenfalls in nahezu allen Handlungsfeldern eine wichtige Rolle einnimmt, wird entsprechend direkt und dezentral in den Handlungsfeldern behandelt und nicht zentral gebündelt.

In der nachfolgenden Darstellung wurde in leichter Abweichung von der Gliederung des Beschlussdokuments der Brandenburger Landesregierung die nachfolgende Reihung gewählt:

HF 8-1: Klima-Governance

HF 8-2: Vorbildrolle öffentliche Hand

HF 8-3: Klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung

HF 8-4: Klimaneutralität braucht Fach- und Arbeitskräfte

HF 8-5: Bildung, Wissenschaft und Forschung

HF 8-6: Akzeptanz und Verbraucherschutz

HF 8-7: Bioökonomie

Da die Klima-Governance als zentrale politische und strukturelle Klammer gesehen wird, wird dieser Handlungsschwerpunkt im Gutachten vorangestellt. Die Einflussnahme auf bundespolitische Rahmenbedingungen - im Beschlussdokument als eigenständiger Schwerpunkt aufgeführt - wird in jedem Handlungsfeld als fundamentaler strategischer Aspekt jeweils mit adressiert und entfällt daher an dieser Stelle. Da das Thema Bioökonomie aktuell bereits politisch und verwaltungsseitig adressiert wird, werden hierfür am Ende einige Empfehlungen, nicht jedoch dezidierte Maßnahmenvorschläge formuliert.

Auch wenn die übergreifenden Handlungsschwerpunkte nicht explizit in den Stakeholder-Workshops im Vordergrund standen, so sind dort viele der Themen, beispielsweise zu Governance, Flächenentwicklung, Fachkräften oder Akzeptanz, ebenso angesprochen und diskutiert worden. Explizite fachliche Feedbacks und Diskussionen gab es zu mehreren der Handlungsschwerpunkte mit verschiedenen Fachreferaten der Brandenburger Verwaltung, deren Feedbacks und Expertise hier eingeflossen ist. Darüber hinaus gab es zusätzliche Fachgespräche mit Kommunalvertreter*innen auf unterschiedlichen Ebenen.

In der nachfolgenden Darstellung werden die Handlungsschwerpunkte gemäß der oben gezeigten Gliederung in Form der Tabellenstruktur der anderen Handlungsfelder dargestellt

4.9.1 HF 8-1: Klima-Governance

Beschreibung

Das Ziel der Klimaneutralität ist gemäß des Pariser Übereinkommens von 2015 (UN 2015) und gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz von 2021, das nach Beschluss des Bundesverfassungsgerichts (2021a) deutlich nachgebessert wurde, auch für die Bundesländer nicht verhandelbar. Der Brandenburger Landtag (2020) trägt dem mit Beschluss vom 17. Juni 2020 Rechnung, die Brandenburger Landesregierung (2021) bestätigt mit Beschluss vom 16. November 2021 das Klimaneutralitätsziel für 2045 und benennt zentrale Handlungsfelder. Zudem legt der Kabinettsbeschluss vom 23. August 2022 die Zwischen- und Sektorziele des Klimaplan Brandenburg als Orientierungsrahmen zur Erreichung von Klimaneutralität bis 2045 fest (Landesregierung Brandenburg 2022c).

Ziel des Handlungsschwerpunkts „Klima-Governance“ ist laut Landesregierung die **Etablierung „effizienter und effektiver politischer Prozesse, Strukturen und Institutionen“** im Land Brandenburg, „um dem steigenden Bedarf an Integration und Koordination zwischen Akteuren, Ebenen und Sektoren sowie den Anforderungen eines kontinuierlichen Monitorings, Lernprozesses und fortlaufend angepasster Steuerung **zum Erreichen des Klimaneutralitätsziels** nachzukommen“.²⁶⁷ Ein solches ebenen-, sektor- und akteurübergreifendes Politik- und Steuerungsverständnis wird auch als Governance bezeichnet (Hirschl et al. 2015; Jänicke 2017; IPCC 2018). Klar ist, dass Brandenburg zum Erreichen der Klimaneutralität auf entsprechende ermöglichende Rahmenbedingungen auf Bundesebene angewiesen ist. Hierfür ist eine aktive und im Sinne der Klimaneutralität unterstützende Rolle im Zusammenspiel von Bund und Ländern einzunehmen. Die Partnerschaft mit Berlin nimmt dabei eine besondere Rolle ein.

Um die notwendige und langfristig ausgerichtete Dynamik zum Erreichen der Klimaneutralität in allen Sektoren möglichst zuverlässig sicherzustellen, braucht es dauerhaft verbindliche Vorgaben, die über eine Regierungsvereinbarung und eine Legislatur hinaus gehen (ERK 2022)²⁶⁸. Daher ist die Verabschiedung eines entsprechenden **Klimaschutzgesetzes** zu empfehlen, wie es auf Bundesebene und in den meisten Bundesländern vorhanden ist (siehe [Maßnahme Nr. 8-1.1.](#)). Ebenso ist es für die erfolgreiche Umsetzung wichtig, auf Landesebene kurzfristig das überragende öffentliche Interesse am Ausbau erneuerbarer Energien (gemäß § 2 EEG 2023) sowie zumindest mittelfristig den Klimaschutz als kommunale Pflichtaufgabe gesetzlich festzuschreiben. Für die **politische Steuerung** braucht es ein regelmäßiges **Gremium der Regierung** möglichst auf höchster politischer Ebene, auch um über Zielkonflikte und Lösungsansätze zu verhandeln und dem Thema Klimaneutralität die entsprechende Priorität und Sichtbarkeit zu verleihen (siehe [Maßnahme Nr. 8-1.2.](#)).²⁶⁹ Auch hier gibt es mit dem sog. Klimakabinetts bzw. entsprechenden Kabinetts-Ausschüssen Vorbilder auf der Bundesebene und in einigen Bundesländern (z. B. in Berlin), in anderen Bundesländern gibt es zumindest Staatssekretärsausschüsse. Zur unabhängigen Beratung wird ein **Klimarat** empfohlen ([Nr. 8-1.3](#)), auch ein solches Gremium gibt es sowohl auf Bundesebene gemäß Klimaschutzgesetz sowie in vielen anderen Bundesländern. Für die politische und administrative Ausgestaltung und Aufgabenerfüllung braucht es ausreichend **Personalkapazitäten** in allen Verwaltungsteilen ([Nr. 8.1.4](#)), und für die Umsetzung in den Kommunen und privaten Haushalten sowie in der Wirtschaft ergänzend zu den Bundesmitteln – die möglichst maximal auszuschöpfen sind – auch **finanzielle Mittel** des Landes ([Nr. 8-1.5](#)). Um die stark ansteigenden Beratungsbedarfe bezüglich Umsetzung, Beteiligung, Finanzierung und Förderung in mehreren Sektoren für die Landesliegenschaften, für Kommunen, für Unternehmen und Privatpersonen abzudecken, sollte die

²⁶⁷ Zitate entstammen der aktualisierten Anlage des Kabinettsbeschlusses 459/21 vom 5. Mai 2022.

²⁶⁸ Der Expertenrat für Klimafragen hebt in seiner Stellungnahme auch explizit die „wichtige Funktion“ von Sektorzielen „als Governance-Instrument zur Erfüllung der [...] Klimaschutzziele“ im Rahmen einer gesetzlichen Regelung hervor (ERK 2022, 72). „Sie ermöglichen die Zuweisung der politischen Verantwortung an ein zuständiges Ministerium und verweisen somit die Zuständigkeit zur Einhaltung der Ziele in das passende Politikfeld“, auch die Übertragung des Monitorings und der Verantwortung der Nachsteuerung über die verpflichtende Vorlage eines Sofortprogramms durch das zuständige Ministerium sei wichtig (ebda.).

²⁶⁹ Dabei sind auch diejenigen Maßnahmen und Instrumente zu verhandeln und nachzubessern, die zukünftig nach Prüfung durch den „Klima-Check“ signifikante Klimaschutzrelevanz aufweisen.

bisherige Energieagentur zu einer **Energie- und Klimaschutzagentur** erweitert werden ([Nr. 8-1.6](#)). Ein Vorbild hierfür kann zum Beispiel die ThEGA in Thüringen sein, die zudem ressortübergreifend aufgestellt ist.²⁷⁰

Empfohlene Maßnahmen

Die nachfolgende Reihenfolge stellt keine Priorisierung dar.

1. Ein **gesetzlicher Rahmen**, der das Erreichen der Klimaneutralität dauerhaft sicherstellt
 - a. Ein **Brandenburger Landes-Klimaschutzgesetz** zur dauerhaften Absicherung des maßgeblichen klimapolitischen Rahmens, in dem mindestens die nachfolgenden Inhalte zu regeln sind: die THG-Reduktionszielwerte (Zwischenzielwerte für 2030, 2040 sowie Klimaneutralität spätestens 2045), die Vorreiter- und Vorbildrolle der öffentlichen Hand auf Landesebene und der Kommunalverwaltung, Monitoring- und Evaluationspflichten, die Verankerung des Maßnahmenprogramms und die Verpflichtung zur Auflage von (ressort-spezifischen und ggf. übergreifenden) Sofortprogrammen, wenn gemäß der Monitoringergebnisse maßgebliche Zielverfehlungen (rückblickend) eingetreten sind oder sich in den Projektionen klar abzeichnen. Auch die Sektorziele sollten in das Gesetz aufgenommen werden, ggf. in Form von Zielkorridoren und/oder der Möglichkeit des Ausgleichs zwischen über- und untererfüllenden Sektoren. Sektorale Zielverfehlung muss zu sektoralen Sofortmaßnahmen führen.
Auch ein grundlegender Finanzierungsmechanismus kann hier festgeschrieben werden (siehe unten). Im Rahmen der Vorreiterrolle der öffentlichen Hand sollte das Land Brandenburg als ambitionierteren Zielwert für eine klimaneutrale Verwaltung mindestens das Jahr 2035 anstreben. Im Gesetz können diesbezügliche Vorgaben wie Sanierungsfahrpläne für die öffentlichen Liegenschaften, ambitionierte Standards für den Gebäudeneubau oder die Fahrzeugflotten der öffentlichen Hand formuliert werden. Ebenso können Vorgaben wie eine Solarpflicht, für die Transformation der Fernwärme oder die Wärmeplanung allgemein aufgenommen werden.²⁷¹
 - b. Anwendung und Überführung des „**überragenden öffentlichen Interesses**“ an der Errichtung und dem Betrieb von erneuerbare Energien-Anlagen und -Nebenanlagen gemäß § 2 EEG 2023²⁷² in die Landesgesetze und -Verordnungen, wie z. B. in das Denkmalschutz- oder Landesforstrecht sowie in die behördliche Praxis. Auf die zeitnahe Übertragung der „besonderen Bedeutung Erneuerbarer Energien“ (§ 2 EEG 2023) in entsprechende Bundesfachgesetze und –Regelungen ist hinzuwirken. Dabei sollten die ebenfalls umfassten „Nebenanlagen“ (s. o.) auch die für die Energiewende relevanten Flexibilitätstechnologien wie Speicher, Elektrolyseure oder Pyrolyseanlagen explizit mit umfassen.
 - c. Klimaschutz sollte zeitnah **Pflichtaufgabe aller Kommunen** in Brandenburg werden. Damit dies umgesetzt werden kann, müssen die entsprechenden personellen, strukturellen und finanziellen Voraussetzungen umfassend geschaffen werden. Durch die Umsetzung der in diesem Gutachten vorgeschlagenen Maßnahmen sowie auf der Basis aktueller Rahmenbedingungen auf Bundes- und Landesebene können bereits erste Schritte in diese Richtung gegangen werden, in dem einzelne Themen, für die die oben genannten Anforderungen bereits gegeben sind, als kommunale Pflichtaufgabe übertragen werden. Hierzu könnte die verpflichtende Erstellung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten sowie die Aufstellung von Wärmeplänen gehören.

²⁷⁰ Die ThEGA ist eine 100 %ige Tochter der Landesentwicklungsgesellschaft (LEG) Thüringen, die wiederum eine 100 %ige Tochter des Freistaats Thüringen ist.

²⁷¹ Beispielgebend ist für viele der hier genannten Bereiche das Berliner Energiewende- und Klimaschutzgesetz (EWG Bln), in der Fassung vom 27.08.2021.

²⁷² Wortlaut des § 2 EEG 2023 „Besondere Bedeutung der erneuerbaren Energien“: „Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen (der Erneuerbaren Energien) sowie den dazugehörigen Nebenanlagen liegen im überragenden öffentlichen Interesse und dienen der öffentlichen Sicherheit. Bis die Stromerzeugung im Bundesgebiet nahezu treibhausgasneutral ist, sollen die Erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang in die jeweils durchzuführenden Schutzgüterabwägungen eingebracht werden. Satz 2 ist nicht gegenüber Belangen der Landes- und Bündnisverteidigung anzuwenden.“ (eigene Einfügung)

2. Ein **Brandenburger Klimakabinett** nach Vorbild des Bundes und anderer Bundesländer, in dem regelmäßig über den Fortschritt, über Zielkonflikte und deren Minderung/ Beseitigung und über die erforderlichen Nachjustierungen zur Einhaltung der Sektor- und Zwischenziele (Sofortprogramme, s. o.) verhandelt wird, das mindestens vierteljährlich tagt. Auf der Arbeitsebene sollte die **IMAG Klimaplan** weitergeführt werden. Als Zwischenebene sollte ein **Staatssekretärsausschuss** eingeführt werden. Die aktuell bereits eingeführte regelmäßige Abstimmung auf höchster Regierungsebene mit dem Nachbarland **Berlin** ist zu begrüßen und hinsichtlich der übergreifenden Fragen von gemeinsamen bzw. abgestimmten Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen sowie damit verbundenen raumplanerischen Aspekten zu verstetigen und auszuweiten.²⁷³
3. Ein unabhängiger **Brandenburger Klimarat** sollte die Landesregierung beraten und eigene Vorschläge entwickeln, wie Brandenburg schnellstmöglich klimaneutral werden kann. Dies kann grundsätzlich entweder ein wissenschaftliches Gremium für Expertinnen und Experten sein oder ein Stakeholder-Rat. Angesichts der zu erwartenden großen Konfliktpotenziale und des enormen Zeitdrucks empfehlen wir einen Stakeholder-Rat, in dem die Wissenschaft signifikant eingebunden ist. Die Unabhängigkeit sowie eine finanzielle Ausstattung sollten im oben vorgeschlagenen Gesetz geregelt werden.
4. **Ausweitung von Personalkapazitäten und Klimaschutzkompetenzen in allen Verwaltungen und Ämtern**
 - a. Es sind in allen Brandenburger Verwaltungen des Landes sowie seiner Gebietskörperschaften ausreichend **personelle Kapazitäten** zu schaffen, um Engpässe im Verwaltungshandeln zu beseitigen und zukünftige Engpässe bei ansteigender Belastung zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für starke Wachstumsbereiche wie die Genehmigungsverfahren für Energiewendetechnologien, für Planungsaufgaben, die zunehmenden Monitoringaufgaben oder die Wirkungsabschätzung im Rahmen des Klima-checks. Konkrete Bedarfe sind in den einzelnen Handlungsfeldern hergeleitet.
 - b. Bestandspersonal ist durch externe oder interne **Weiterbildungen** und fachliche Vernetzungsaktivitäten auf die neuen Aufgaben (beispielhaft s. o.) vorzubereiten.
5. Einrichtung eines **Brandenburger Klima-Fonds** zur Finanzierung von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen der öffentlichen Hand (Investitionen, Personal, Dienstleistungen) sowie indirekt, z. B. über Förderprogramme, auch zur Unterstützung privater Investitionen.
 - a. Der Klima-Fonds könnte beispielsweise als Schwerpunkt oder **Ergänzung des Sondervermögens „Zukunftsinvestitionsfonds“** eingerichtet werden, der als Verwendungszweck bereits den Klimaschutz vorsieht.²⁷⁴ Vorgeschlagen wird eine jährliche Ausstattung im Umfang von 500 Mio. Euro mindestens für die nächsten 5 Jahre, die dazu dienen soll, die vielen erforderlichen Maßnahmen von klimaneutraler Gebäudesanierung über die Anschaffung klimaneutraler Flotten, diverse Förderprogramme sowie auch zahlreiche Gutachten und andere Dienstleistungen zu finanzieren bzw. finanziell zu unterstützen. Eine genauere Ermittlung des konkreten Fördermittelbedarfs ist angesichts der sich aktuell dynamisch verändernden globalen Energiepreise und Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene (veränderte EU- und Bundesgesetze sowie -Förderprogramme) kurzfristig erforderlich und muss in den Folgejahren fortlaufender Gegenstand eines stetigen Bedarfsmonitorings sein und jeweils im Sinne der Zielerreichung angepasst werden.²⁷⁵ Bei der Konzeption sind zudem revolvierende Elemente (finanzielle Rückflüsse) zu prüfen, beispielsweise im Fall öffentlicher Investitionen zur Energieeinsparung. Der Fonds sollte für eine

²⁷³ Im engeren Sinne sind hierfür Treffen und regelmäßige sowie strukturierte Zusammenarbeit des Berliner Klimasenats mit dem noch zu schaffenden Brandenburger Klimakabinett vorzusehen. Diese können als Bestandteil bzw. im Rahmen der gemeinsamen Kabinettsklausuren oder als gesonderte Treffen stattfinden.

²⁷⁴ Siehe ähnlich auch das Sondervermögen Infrastruktur der Wachsenden Stadt und Nachhaltigkeitsfonds (SIWANA) des Landes Berlin.

²⁷⁵ Es ist davon auszugehen, dass auch nach den 5 Jahren weitere Förderungen nötig werden, u. a. weiterhin für die Wärme- und Verkehrswende, für Wasserstoff- und PtX-Infrastrukturen, Maßnahmen des LULUCF-Bereichs etc. Deren genaue Höhe ist jedoch aufgrund der oben beschriebenen Einflussfaktoren, die die Förderhöhe auf Landesebene beeinflussen, aus heutiger Sicht nicht näher bestimmbar.

- möglichst große Bandbreite an Maßnahmen zur Erreichung der Klimaneutralität zur Verfügung stehen und ist administrativ möglichst einfach auszugestalten.²⁷⁶
- b. Bei der Entwicklung eines konkreten **Fonds-Konzepts** sind auch die potenziellen Einspar-effekte gegenzurechnen, die insbesondere der öffentlichen Hand entstehen, beispielsweise vermiedene Brennstoffkosten sowie verringerte Umwelt- und Gesundheitskosten. Darüber hinaus müssen Verschiebungen von Ausgaben stattfinden, beispielsweise von solchen für die Infrastruktur für Pkw mit fossilen Verbrennungsmotoren hin zu deutlich mehr Ausgaben für den Umweltverbund. Durch einzelne Maßnahmen mit ökologischer Lenkungswirkung (z. B. Parkgebühren oder City-Maut) können zudem direkte Einnahmen für die öffentlichen Haushalte generiert werden. Zudem entstehen Einnahmeeffekte in die öffentlichen Haushalte durch die gesteigerte Wertschöpfung in klimaschutzrelevanten Wirtschaftsbereichen in Brandenburg, die wegfallende Wertschöpfungsketten aus den Bereichen fossiler Rohstoffe überkompensieren können.
6. Um für die verschiedenen Zielgruppen die vielfältigen Beratungsbedarfe auf dem Weg zur Klimaneutralität bereitzustellen, sind die existierenden Beratungskapazitäten deutlich ausweiten. Es wird empfohlen, die Energieagentur zu einer unabhängigen **Klimaschutz- und Energie-agentur** Brandenburg zu erweitern, und hier eine Filialstruktur für die dezentrale Beratung zu erwägen.²⁷⁷ Eine Verzahnung mit den dort bereits vorhandenen Strukturen und (zum Teil projektfinanzierten) Organisationen ist anzustreben, eine langfristige und gesicherte Einrichtung wird als notwendig angesehen.

Rechtsrahmen

zu schaffendes Brandenburgers Klimaschutzgesetz; „ZifoG 2.0“

Verantwortlichkeit

Landesregierung und Landtag

Fristigkeit

Einführung: in dieser Legislatur

Laufzeit: Gesetz und Personal: langfristig, Förderung: so lange wie notwendig abhängig von bundespolitischen Rahmenbedingungen und Förderungen

Zielgruppe

Landesregierung und Landtag, Vergabestellen, ILB, Gebietskörperschaften, Klimaschutzmanagerinnen und -manager, Unternehmen

THG-Minderung

Fundamentale Bedeutung, nicht quantifizierbar.

Nutzen

Einsparereffekte durch sinkenden Einsatz fossiler Brennstoffe und geminderte Folgen des Klimawandels, Erhöhung von regionaler Wertschöpfung im Land.

Aufwand

Für die Begleitung des Klimakabinetts und des Klimarats werden 2 neue Personalstellen angesetzt., 2 weitere Stellen für zusätzliche Monitoring- und Evaluationsaufgaben. Der Großteil des für die vielen Klimaneutralitätsaufgaben benötigten zusätzlichen Personals wird an anderer Stelle in den Maßnahmenvorschlägen dieses Gutachtens kalkuliert.

Summarisch ergibt sich daraus ein geschätzter Gesamtbedarf von **über 200 Stellen**, die maßgeblich in den Landesverwaltungen zur Erreichung der Ziele zusätzlich benötigt werden. Rund 20 – 30 Stellen sollten den Regionalen Planungsgemeinschaften zur Verfügung gestellt werden. Inwieweit diese zusätzlichen Stellenbedarfe durch Aufgabenumschichtungen oder veränderte Priorisierungen durch Bestandspersonal abgedeckt werden kann, kann nicht im Rahmen dieses Gutachtens geklärt

²⁷⁶ Als ein diesbezüglich möglicherweise vorbildhaftes Beispiel eines kommunalen Förderprogramms wurde im Beteiligungsverfahren das Thüringer Sonderprogramm Klimaschutz genannt, siehe unter: <https://umwelt.thueringen.de/themen/klima/klimaschutz-sonderprogramm> [27.7.2022].

²⁷⁷ Siehe hierzu auch analog das Konzept der regionalen Agenturen in Maßnahmenvorschlag [3-6.1](#).

werden. Auch auf kommunaler Ebene werden erhebliche zusätzliche Stellenbedarfe entstehen, die ebenfalls nicht im Rahmen dieses Gutachtens abgeschätzt werden konnten.

Für das Fonds-Konzept und Weiterbildungen werden Dienstleistungskosten von insgesamt 800.000 Euro angesetzt. Die finanzielle **Ausstattung des Klima-Fonds** wird mit **500 Mio. Euro jährlich über die nächsten 5 Jahre** angesetzt. Die Höhe orientiert sich zunächst an den in den Handlungsfeldern ermittelten Finanzbedarfen, für die ein Jahresbedarf abgeschätzt wurde. Dabei ist erneut darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei noch nicht um valide und abschließende Kostenschätzungen handelt, da sich die regulativen und kostenmäßigen Rahmenbedingungen aktuell schnell und zum Teil sprunghaft verändern (s. o.). Unter den Handlungsfeldern werden insbesondere die Liegenschaften und die Fahrzeuge, aber auch LULUCF und die Energieerzeugung größeren Förderbedarf aufweisen. Ein signifikanter Teil des Fonds sollte auch für die kommunalen Bedarfe zur Verfügung stehen, sofern diese nicht durch Bundesförderungen (ausreichend) abgedeckt werden.

4.9.2 HF 8-2: Vorbildrolle öffentliche Hand

Beschreibung

Im Kabinettschluss der Landesregierung zu den Sektoren und Handlungsfeldern des Klimaplan für Brandenburg wird betont, das „die öffentliche Hand [] eine zentrale Vorbildfunktion bei der Erreichung der Klimaneutralität“ hat.²⁷⁸ Diese Vorbildrolle übt sie gegenüber ihrer Bürgerschaft sowie der (privaten) Wirtschaft aus, in dem sie beim Ambitionsniveau sowie in zeitlicher Hinsicht vorangeht. Dabei kann die öffentliche Hand als großer und einflussreicher Nachfrager das Angebot in eine klimaneutrale Richtung bewegen (RNE 2021; Rubik et al. 2015).

Gemäß Kabinettschluss ist das **Ziel des Handlungsschwerpunkts** wie folgt formuliert: „**Das Land beabsichtigt seine Behörden und öffentlichen Einrichtungen in allen emissionsrelevanten Bereichen systematisch auf Klimaneutralität umzustellen**, darunter bspw. die Liegenschaften, die Strom- und Wärmeversorgung, die Fuhrparke sowie das Beschaffungswesen“ (Landesregierung Brandenburg 2022a, 6). Um der Vorbildrolle gerecht zu werden, wird im Rahmen des Gutachtens empfohlen, dieses Ziel deutlich früher als 2045 zu erreichen, beispielsweise spätestens bis zum Jahr 2035.²⁷⁹ Zudem sollte der Einflussbereich sowie das Klimaneutralitätsziel auch alle Unternehmen und Einrichtungen in (mehrheitlich) öffentlicher Hand umfassen.

Der Kabinettschluss verweist auch auf die Rolle des Landes „als Flächeneigentümerin“, in der das Land „ebenfalls seinen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten“ wird (ebda.).

Hierzu wird seitens des Gutachtens empfohlen, geeignete öffentliche Flächen selbst zu nutzen oder diese Dritten zum Erreichen der Klimaneutralität zur Verfügung zu stellen. Schließlich bezieht der Kabinettschluss auch die Kommunen mit ein: „Auch auf kommunaler Ebene sollte das Verwaltungshandeln klimaneutral gestaltet werden“ (ebda.). Hierzu ist zum einen anzumerken, dass die kommunale Ebene alle Ebenen der Brandenburger Gebietskörperschaften umfassen sollte. Zum anderen ist die kommunale Ebene mit entsprechenden Ressourcen und Beratungsleistungen auszustatten, um den Anforderungen gerecht werden zu können (siehe hierzu auch [HF 8-1](#)).

Eine geeignete Handreichung zur Ausgestaltung der erforderlichen Prozesse ist der Leitfaden des Umweltbundesamtes „Der Weg zur treibhausgasneutralen Verwaltung - Etappen und Hilfestellungen“ (Huckestein 2020).

Empfohlene Maßnahmen

Die nachfolgende Reihenfolge stellt keine Priorisierung dar.

1. Einrichtung eines **Koordinierungsgremiums klimaneutrale öffentliche Verwaltung**²⁸⁰, das Vorschläge für detailliertere (Zwischen-) Zielfestlegungen erarbeitet, bei der Umsetzung in allen öffentlichen Einrichtungen und in den Gebietskörperschaften unterstützt²⁸¹ und für das Monitoring und die Maßnahmenvorschläge zur Nachjustierung inklusive einer Priorisierung zuständig

²⁷⁸ Siehe erweiterte Fassung der Anlage vom 5.5.2022 zum Kabinettschluss vom 16.11.2021 „Aufstellung eines Klimaplan für Brandenburg – Zwischenstand“: Sektoren und Handlungsfelder des Klimaplan Brandenburg (Landesregierung Brandenburg 2022a).

²⁷⁹ Zum Vergleich: Das Land Berlin verfolgt gemäß § 8 Abs. 1 EWG Bln (2021) das Ziel, „den Kohlendioxid ausstoß der Landesverwaltung im Sinne des Satzes 4 bis zum Jahr 2030 weitgehend auszugleichen und diese somit CO₂-neutral zu organisieren. [...] Unvermeidbare Kohlendioxidemissionen sind weitgehend zu kompensieren. Zur Verwirklichung dieses Ziels legt der Senat von Berlin zum Ablauf des dritten auf das Jahr des Inkrafttretens dieses Gesetzes folgenden Kalenderjahres einen Maßnahmenplan vor, der die Senats- und Bezirksverwaltungen mit Ausnahme der ihnen nachgeordneten Behörden, nicht rechtsfähigen Anstalten und unter ihrer Aufsicht stehenden Eigenbetriebe bindet.“

²⁸⁰ Die organisatorische Verankerung dieses Koordinierungsgremiums ist festzulegen. Definiert werden müssen Ansprache und Einbindung der bereits etablierten formalen Gremien und Sitzungsformate, um deren Zuarbeit und konsequente Umsetzung in der gesamten Landesverwaltung abzusichern. Empfohlen wird, dass das Koordinierungsgremium die Steuerung bis zum Zieljahr und ggf. darüber hinaus übernimmt.

²⁸¹ Hierbei geht es um die Beratung und Unterstützung beispielsweise bei administrativen Fragen zur klimaneutralen Beschaffung. Die konkrete Umsetzungsberatung beispielsweise für Sanierungsmaßnahmen übernimmt die Energie- und Klimaschutzagentur (siehe Maßnahme HF 8-1.6).

- ist. Eine Vernetzung mit anderen Bundesländern und Kooperation mit der Bundesebene²⁸² zur Entwicklung und Etablierung einheitlicher Standards sollte stattfinden. Neben den o. g. Beratungsleistungen übernimmt das Koordinationsgremium auch die Verantwortung für interne Kommunikation und Weiterbildung zu dem Thema.
2. **Bilanzierung, Anwendungsbereich und Monitoring:** Unter Leitung des o. g. Gremiums und unter Berücksichtigung der hier benannten Regelungsbereiche sind der Anwendungsbereich und die Systemgrenzen bzw. der Bilanzierungsrahmen genau zu definieren.²⁸³ Für die einzelnen Anwendungsbereiche sind indikative (Zwischen-) Zielwerte in einem festzulegenden Evaluierungsrhythmus (z. B. alle 2 Jahre, synchron zum Klimaplan-Monitoring) zu formulieren. Die THG-Wirkungen der hier relevanten Anwendungsbereiche sind nach etablierten methodischen Standards regelmäßig mit Hilfe eines THG-Managementtools zu bilanzieren.²⁸⁴ Dies dient auch als Grundlage für die Aktualisierung der (Zwischen-) Zielwerte und der Budgetplanung.
 3. **Klimaneutrale öffentliche Liegenschaften und Gebäude**²⁸⁵: Das Land sollte für seine Liegenschaften ehrgeizige Klimaschutzmaßnahmen umsetzen und entsprechende Mindeststandards und Pflichten rechtlich beispielsweise in einem Landes-Klimaschutzgesetz festlegen. Empfohlene Einzelmaßnahmen zu diesem Maßnahmenbündel siehe unter [HF 3-4](#)., sowie mit Blick auf die Energieerzeugung auch diverse Empfehlungen des HF Energieversorgung, u. a. [HF 1-4](#).
 4. **Klimaneutrale öffentliche Fuhrparke und Mobilität der Mitarbeitenden öffentlicher Verwaltungen:**
 - a. die Fahrzeugflotten des Landes sowie der öffentlichen Hand in Brandenburg im Geltungsbereich des SaubFahrzeugBeschG sind zeitnah auf klimaneutrale alternative Antriebe umzustellen (siehe auch insb. [HF 4-5](#), [4-8](#), [4-12](#)). Hierfür sind für die unterschiedlichen Flotten bzw. Fahrzeugtypen differenzierte Zeitpläne und Zielwerte zu erstellen und ein Budgetbedarf unter Berücksichtigung der Förderungen des Bundes für die Fahrzeuge von Kommunen und Landkreisen zu ermitteln.²⁸⁶
 - b. Für die Mitarbeitenden in der öffentlichen Verwaltung sind gezielt umweltfreundliche Mobilitätsangebote zu schaffen (siehe auch insb. [HF 4-3](#), [4-4](#), [4-6](#), [4-8](#), [4-9](#), [4-12](#) und [4-13](#)).²⁸⁷

²⁸² Fachliche Ansprechpartner sind hier das Umweltbundesamt sowie in der Umsetzung auf Bundesebene die Koordinierungsstelle Klimaneutrale Bundesverwaltung (KKB) sowie die Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung (KNB).

²⁸³ Aufgrund der weit reichenden Veränderungen des gesamten Energiesystems muss auch die amtliche Bilanzierung methodisch angepasst werden. Es wird daher empfohlen, auf Bundesebene über die AG Energiebilanzen und den Länderarbeitskreis Energiebilanzen eine detailliertere Aufschlüsselung zu initiieren. Wasserstoff, Synthetische EE-Gase und Synthetische EE-Kraftstoffe sowie Biogas und die restliche Biomasse (Holz, biogener Müll), Photovoltaik und Solarthermie als die wesentlichen erneuerbaren Energieträger sollten zukünftig getrennt bilanziert werden. Auch die Einspeisung von Biogasen, Synthesegasen und Wasserstoffanteilen in das fossile Gasnetz sollte zukünftig über einen Mischgasansatz mit spezifischem Emissionsfaktor berücksichtigt werden. Große Energieverbraucher (in Brandenburg Stahlwerk und Raffinerie) sollen angehalten werden, auf die Anonymitätsgarantie durch den Datenschutz für ältere Daten freiwillig zu verzichten, um die Bilanzdaten der Öffentlichkeit im Sinne des Klimaschutzes vollumfänglich zur Verfügung stellen zu können. Dieser Ansatz wird in einigen Bundesländern bereits erfolgreich praktiziert.

²⁸⁴ Hierbei kann auf am Markt verfügbare Tools und Erfahrungen anderer Landesregierungen zurückgegriffen werden. Bei der Auswahl eines Tools ist auf die Kompatibilität zu aktuellen Bilanzierungsstandards des Landes ebenso zu achten wie auf die Bedarfe sowie die personellen und organisatorischen Kapazitäten der Kommunen. Das Land sollte das für geeignet deklarierte Instrumentarium beschaffen und den Kommunen kostenfrei zur Nutzung zur Verfügung stellen.

²⁸⁵ Mit Stand 8/2022 sind dies 818 Gebäude auf 190 Liegenschaften im wirtschaftlichen Eigentum des Brandenburgischen Landesbetriebes für Liegenschaften und Bauen (BLB) und im Ressortvermögen.

²⁸⁶ Diese Aufgabe kann vom KkM übernommen werden, siehe Maßnahmenempfehlung [HF 4-1.1](#).

²⁸⁷ Innovative Beispiele sind das Carsharing-Angebot www.barshare.de [27.7.2022] im Landkreis Barnim sowie die Mitfahrbörse „Pendlerportal“ der gesamten Landesverwaltung Nordrhein-Westfalens, siehe unter: <https://www.la-nuv.nrw.de/nachhaltigeverwaltungderzukunft/pendlerportal> [27.7.2022].

Die Bildung von verwaltungsübergreifenden und interkommunalen Einkaufsgemeinschaften ist für verschiedene Fahrzeugtypen zu prüfen und bedarfsweise einzurichten (siehe auch nächsten Punkt).

5. **Öffentliche Beschaffung auf Klimaneutralität und Nachhaltigkeit ausrichten**
Dies umfasst u. a. die Gebäudeenergieversorgung mit Strom, Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien²⁸⁸, die Art der Wärmebereitstellung für Heizung und Trinkwasser, Rechenzentren, Kantinenbewirtschaftung, Möbel, elektrische und elektronische Geräte, Büroausstattung und Verbrauchsmaterial, Straßenbeleuchtung sowie Beleuchtung von Innenräumen, Gebäuden und Liegenschaften, Dienstkleidung, Dienstreisen, Postversand etc. (Fahrzeuge s. o.).
 - a. Für die Bilanzierung (siehe auch Nr. 2) ist ein Lebenszyklusansatz zu wählen, beim Budgetrahmen können THG-Schattenpreise berücksichtigt werden.²⁸⁹
 - b. Neben Umwelt- und Klimaschutzkriterien sind auch die Kreislaufwirtschaft fördernde Vertragsmodelle wie Miete, Leasing oder Contracting in die Prüfung einzubeziehen.
 - c. Darüber hinaus wird eine Selbstverpflichtung zur Anwendung der für den Bund verbindlich anzuwendenden Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung klimafreundlicher Leistungen (AVV Klima 2022) in den Behörden der unmittelbaren und mittelbaren Landesverwaltung empfohlen.
 - d. Auch die Kapitalanlagen des Landes (z. B. Versorgungsfond des Landes) müssen Kriterien der Nachhaltigkeit und Klimaneutralität genügen.
 - e. Gebündelte Beschaffung: Eine klimafreundliche und nachhaltige Auftragsvergabe erfordert substantiellen Kompetenzaufbau für über 100 Produktgruppen der beschaffungsrelevanten Standard-Rahmenverträge. Damit die öffentlichen Stellen bei der Bedarfsermittlung unterstützt, konkret zur Leistungsbeschreibung beraten und die Auftragsausführung und Verbrauchsreduktion kontinuierlich begleitet werden können, empfehlen wir, dass eine „Zentrale Vergabekompetenzstelle“ nach dem Vorbild der Immobilien Bremen AöR diese Aufgaben übernimmt und dafür mit der Fachexpertise und den Befugnissen für die erforderlichen Personalschulungen, konkrete Auftragsberatung, kontinuierliche Bieterkommunikation usw. aufgestockt wird.²⁹⁰ Mit der gebündelten Beschaffung durch eine „Zentrale Vergabekompetenzstelle“ wird auch die Zielsetzung verfolgt, die jeweiligen Bedarfsstellen von zusätzlichem Aufwand durch eine auf Klimaneutralität und Nachhaltigkeit ausgerichtete Beschaffung zu entlasten.
6. **Unterstützung Kommunen / Gebietskörperschaften:** Das Land unterstützt die Landkreise und Kommunen bzw. die entsprechenden Verwaltungseinheiten mit Beratungsleistungen und finanziellen Mitteln, damit auch diese ihrer Vorbildrolle gerecht werden können. Grundsätzlich gelten die hier für die öffentlichen Einrichtungen des Landes benannten Anforderungen.
 - a. Das oben genannte Koordinierungsgremium ermittelt den Personal- und Finanzbedarf für die nächsten Jahre, erste Anhaltspunkte für Mindestbedarfe liegen durch das Gutachten vor.
 - b. Zur (Co-) Finanzierung von Förderbedarfen sollte der in [Maßnahme 8-1.5](#) vorgeschlagene übergreifende Brandenburger Klima-Fonds dienen, der administrativ möglichst einfach auszugestalten ist. Bei der Ermittlung des Finanzierungsbedarfs sind aktuelle Förderungen

²⁸⁸ Hierbei sind anspruchsvoll zertifizierte Ökoenergie-Angebote zu bevorzugen, die im Idealfall aus der Region stammen und auf der Basis von zusätzlichen EE-Anlagen basieren. Auch die Aspekte von Zeitgleichheit von Erzeugung und Verbrauch sollten Berücksichtigung finden, wenn dies regulatorisch möglich und am Markt angeboten wird (siehe hierzu auch Empfehlung [HF 1-4](#)).

²⁸⁹ Dies wird aktuell u. a. vom Rat für nachhaltige Entwicklung (mit Verweis auf die Expertise des Umweltbundesamtes) empfohlen, der eine Umstellung „von einer ausgabenorientierten hin zu einer wirkungsorientierten Haushaltsplanung“ einfordert (RNE 2021, 2). Das Land Berlin hat hierzu jüngst eine Rechtsverordnung zur Anwendung eines CO₂-Schattenpreises, die sogenannte Klimakostenverordnung, samt dazugehöriger „Anwendungshilfe Klimakosten“ erlassen (KlimakostenV 2022).

²⁹⁰ Mit diesem Vorschlag würde auch die vom Rechnungshof angemahnte Beschaffungsbündelung umgesetzt. Damit können Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsstandards gezielter verbreitet und gleichzeitig Prozesse verschlankt und Kosten reduziert werden. Für diese Aufgabe kann die Zentralstelle und Serviceeinrichtung für das Beschaffungswesen (ZfB) qualifiziert oder alternativ – wie im Koalitionsvertrag des Landes Brandenburg vorgesehen – die Auftragsberatungsstelle Brandenburg als zentrale Vergabekompetenzstelle unterstützt und personell gestärkt werden.

- des Bundes als Voraussetzung (für eine Co-Förderung mit Landesmitteln) zu berücksichtigen (NKI, Elektromobilität, erneuerbare Wärmetechnologien, Wärmenetze etc.).
- c. Daneben stellt das Land den Gebietskörperschaften übergreifende Planungsleistungen zur Verfügung (u. a. am Beispiel der Ladeinfrastruktur, siehe [HF 4-1](#) i. V. m. [4-8](#) und [4-12](#) sowie bei Wärmeplanungsleistungen), weitet die Angebote der Beratungsstelle Klimagerechte Kommune (BSKK) aus und unterstützt mit Angeboten für eine gemeinsame Beschaffung (s. o. Nr. 6).
 - d. Für das kommunale Monitoring sind die Energiesteckbriefe der Energieagentur auszuweiten und mit weiteren Klimaschutz- und Klimaanpassungsindikatoren zu versehen, die für die Zielerreichung der Klimaneutralität erforderlich sind. Eine effiziente Verzahnung vorhandener oder sich diesbzgl. in Entwicklung befindlicher Info-Tools (z. B. kommunales Umweltdaten-Dashboard²⁹¹) ist zu empfehlen.
 - e. Das Land wird zudem verbesserte Rahmenbedingungen für kommunale Investitionen in erneuerbare Energien-Anlagen schaffen (siehe ausführlicher unter [HF 1-3](#) sowie insbesondere [HF 8-6.9](#)).
7. **Kompensation:** Es gilt als oberstes Prinzip, die im Klimaplan festgelegten THG-Reduktionen sicher und schnellstmöglich zu realisieren. Darüber hinaus sollte das Land Brandenburg eine Kompensationsstrategie entwickeln, um (langfristig) unvermeidbare Emissionen oder (kurzfristig) nicht realisierte Emissionsminderungen ausgleichen zu können. Dabei sind Standards für Kompensationen einzelner öffentlicher Verbraucher/ Nachfrager ebenso zu definieren wie für strategische Kompensationen auf der Gesamtbilanzebene, um im angestrebten Zeitraum Netto-THG-neutral zu werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Förderprogramme, Konzepte/Studien/Leitfäden, Information/Beratung/Vernetzung, Verwaltungshandeln und –Vorschriften

Verantwortlichkeit

Landesregierung und Gebietskörperschaften / Kommunen mit allen Verwaltungseinheiten

Fristigkeit

Einführung in dieser Legislatur. Laufzeit: dauerhaft bis zum Erreichen der Klimaneutralität

Zielgruppe

Alle öffentlichen Verwaltungen

THG-Minderung

Signifikanter, derzeit nicht genau bezifferbarer Beitrag zum Gesamtziel sowie insbesondere zu den Sektorzielen für Verkehr und Gebäude.

Nutzen

Interne (über Mitarbeitende) und externe Multiplikatorwirkung durch Vorbildrolle, Stärkung der regionalen Wertschöpfung und Beschäftigung

Aufwand

Für das Koordinationsgremium (1) sowie die Aufgaben Bilanzierung/Monitoring (2) werden je 2 neue Personalstellen veranschlagt, ebenso für die Dienstleistungen des Landes für die Kommunen bzgl. Planung (6c) und Monitoring (6d). Für die Unterstützungsleistungen im Rahmen der Beschaffung (5) werden vier neue Personalstellen kalkuliert. Für die initialen Monitoringaufgaben (2 und 6d) werden unterstützende Dienstleistungen im Umfang von je ca. 250.000 Euro kalkuliert, ebenso in gleicher Höhe Kosten für die (einmalige) Erstellung von Beschaffungskonzepten (5) und ein Gutachten für eine Kompensationsstrategie (7). Mehrkosten für nachhaltige Beschaffung können über die Berücksichtigung von THG-Schattenpreisen (siehe Nr. 5) über die öffentlichen Haushalte getragen oder alternativ über den Klimafonds finanziert werden. Für den letzteren Fall wäre der Budgetbedarf noch durch ein Gutachten zu ermitteln. Finanzierungsbedarfe für die Maßnahmen zu klimaneutralen Gebäuden/Liegenschaften sowie Fahrzeuge/Mobilität werden in den jeweiligen Handlungsfeldern 3 bzw. 4 dargestellt.

²⁹¹ Zum Stand des Dashboards siehe <https://www.digital-agentur.de/schwerpunkte/digitaler-gruener-sektor/projekte/kommunales-dashboards-umweltdaten> [27.7.2022].

4.9.3 HF 8-3: Klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung

Beschreibung

Die Brandenburger Landesregierung weist in ihrer erweiterten Anlage zum Kabinettsbeschluss vom 16.11.2021 darauf hin, dass „einer klimaschonenden und nachhaltigen Raumentwicklung und -planung eine zentrale Bedeutung zu[komme], um die verschiedenen Nutzungsansprüche an den Raum abzuwägen und dabei auch eine ausreichende Flächenbereitstellung für die Entwicklung von erneuerbaren Energien und deren Infrastruktur vorzusehen“ (Landesregierung Brandenburg 2022a, 6). Unter der erforderlichen technischen Infrastruktur sind nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachter beispielsweise die notwendigen Energienetze, Elektro- und Gasspeicher oder neue Anlagen zur Energieerzeugung (z. B. Elektrolyseure zur Wasserstoffproduktion) und Energiespeicherung zu verstehen, ebenso jedoch auch Verkehrsinfrastrukturen für den Umweltverbund oder die Elektromobilität. Durch die dadurch entstehenden „vielfältigen Flächenbedarfe können bereits bestehende Flächenkonkurrenzen durch den angestrebten Wandel zur Klimaneutralität weiter verstärkt werden“ (ebda.). Hierzu ist zu ergänzen, dass in diesem Zusammenhang auch die Flächenbedarfe für die THG-Senken sowie für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen sind.

Gemäß dem o. g. Beschlussdokument der Landesregierung gilt, dass die Raumplanung „mit Festlegungen zu einer flächensparenden und klimaschonenden Siedlungs- und Verkehrsentwicklung und einer ausreichenden Sicherung wertvoller Freiräume (zum Beispiel Wälder und Moore) [...] zu einer klimaschonenden und nachhaltigen Raumentwicklung bei[trägt].“ Wie der sparsame Umgang mit Grund und Boden, der bereits im Raumordnungsgesetz (§ 1 Abs. 2 ROG) und im Baugesetzbuch (§ 1 Abs. 5 BauGB) verankert ist, effizient mit den Themen Klimaschutz, Klimaanpassung und THG-Senkenbildung verzahnt werden kann, ist zentraler Gegenstand dieses Handlungsschwerpunkts und der nachfolgenden Maßnahmenvorschläge.

Aus gutachterlicher Sicht ist hierbei hervorzuheben, dass bereits gemäß dem aktuellen LEP (aktuelle Fassung unter GL BBB o. J.; LEP HR 2019) nach Grundsatz 8.1 (1) „eine räumliche Vorsorge für eine klimaneutrale Energieversorgung, insbesondere durch erneuerbare Energien, getroffen werden“ soll. Dies gilt es nun rechtssicher in eine entsprechende Raum- und Regionalplanung zu überführen, und dabei den Beschluss des Brandenburger Landtags umzusetzen, nach dem die Landesregierung aufgefordert wird, „den beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien administrativ sicherzustellen. [] Dabei muss es zentral darum gehen, die Flächenverfügbarkeit zu erhöhen sowie Planungs- und Genehmigungsprozesse zu verkürzen“ (Landtag Brandenburg 2022b). Gleichzeitig ist der Erhalt und die Entwicklung der natürlichen Senkenfunktion auch im LEP HR unter Grundsatz 8.1 (2) gleichrangig zu berücksichtigen (LEP HR 2019) „Ökosysteme wie Wälder, Moore und Feuchtgebiete sollen als natürliche Kohlenstoffsinken zur CO₂-Speicherung erhalten und entwickelt werden.“ Darüber hinaus bekennt sich Brandenburg nach geltender Fassung des LEP HR auch zum Grundsatz der Steuerung der Flächeninanspruchnahme durch Windenergienutzung als in 8.2 festgelegtem Ziel der Landesplanung „Gebiete für die Windenergienutzung sind im Land Brandenburg in den Regionalplänen festzulegen“ (ebda.) um Raumwiderständen und Konflikten bereits im Vorfeld vorzubeugen und somit die Verfahren deutlich zu beschleunigen. Die aktuellen Aktivitäten zur Festsetzung von Kulissen für die Windkraftnutzung durch die regionalen Planungsgemeinschaften werden dementsprechend gutachterlich begrüßt.

Einen wesentlichen Schlüssel zur Erhöhung der Flächenverfügbarkeit sehen die Gutachterinnen und Gutachter in der Nutzung bereits versiegelter Flächen sowie in einer Mehrfachnutzung von Flächen, die verschiedene, hybride Nutzungen ermöglicht. Bestehende Flächen sind durch Maßnahmen wie Sanierungen, Nachverdichtungen und Innenentwicklung in Richtung Klimaneutralität umzugestalten. Zusätzlich werden aber auch weitere Flächen benötigt, u. a. für neue Energieanlagen und Infrastrukturen. Für zu erschließende Flächen für Wohnen oder Gewerbe sollte aus Effizienzsicht eine nahräumliche Energieversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien gewährleistet werden. Die Tagebauflächen bieten ein weiteres Flächenpotenzial, das durch eine möglichst

breite Akteursvielfalt mit regionaler Standortbeteiligung erschlossen werden sollte. Die hier genannten Themen müssen im Zusammenspiel mit der gemeindlichen Bau(leit)planung umgesetzt werden, die diese Ziele standortspezifisch ausgestalten, aber nicht konterkarieren darf.²⁹²

Empfohlene Maßnahmen

Die nachfolgende Reihenfolge stellt keine Priorisierung dar.

1. Die **Abläufe der Landes- und Regionalplanung** sind deutlich zu **beschleunigen**.²⁹³ Für die Beschleunigung sind
 - a. erforderliche landesgesetzliche Anpassungen vorzunehmen und im Schulterschluss mit den Regionalen Planungsstellen einheitliche Standards und Verfahren zu entwickeln („Aktionsplan Beschleunigung“). Bei allen Abwägungen ist dem überragenden öffentlichen Interesse am Ausbau der erneuerbaren Energien und dem Erhalt der natürlichen Senken Rechnung zu tragen
 - b. der erforderliche Personalbedarf bereitzustellen und
 - c. die Prozesse weitgehend zu digitalisieren.
 - d. Insbesondere im Bereich der Regionalplanung (inkl. Teilplanungen für z. B. Windenergie) sind kurzfristigere und dynamischere Anpassungsmöglichkeiten vorzusehen, um auf sich verändernde Flächenbedarfe schneller reagieren zu können.
2. Es sind die relevanten **Flächenbedarfe zu ermitteln**, die zum Erreichen der Klimaneutralität gemäß der politisch festgelegten Zielwerte erforderlich sind. Dabei sind Flächen für erneuerbare Energien (insbesondere für Wind- und Solarenergie) und für Infrastrukturen (Beispiele s. o.) ebenso wie für THG-Senken und Anpassungsmaßnahmen gemäß den teilweise technologie- bzw. bereichsspezifischen Zielwerten zu berücksichtigen.
3. Auch in der **Siedlungs-, Verkehrs- und Quartiersplanung** sind die Prinzipien klimaneutraler Raumentwicklung konsequent zu verfolgen. Die in der Strategie Stadtentwicklung bereits angelegten Nachhaltigkeits- und Klimaneutralitätsziele sind von den Kommunen konsequent anzuwenden und umzusetzen. Ergänzend werden mit Blick auf die einzelnen hier relevanten Handlungsfelder folgende Aspekte hervorgehoben:
 - a. Bei neu auszuweisenden Quartieren sowie Gewerbe- und Industrieflächen sind durch die Kommunen harte Anforderungen an die Klimaneutralität zu stellen (zu Quartieren siehe auch die Strategieempfehlungen zur kommunalen Wärmewende im Abschnitt 3.4.1 sowie den Maßnahmenvorschlag zu teilautarken Quartieren ([HF 1-7](#)), zu Gewerbeflächen siehe auch die Empfehlung [HF 2-1.4](#) sowie [HF 1-5.2](#)). Aufgrund der großen Herausforderungen, auf Bestandsflächen zeitnah Klimaneutralität zu erreichen, sollten für neue Siedlungsflächen idealerweise sogar klimapositive Konzepte umgesetzt werden.
 - b. Im Siedlungsbestand sollte der Erhalt von Gebäuden aus Gründen der Energie- und Ressourceneffizienz die Regel sein, Abriss und Ersatzneubau eine Ausnahme (siehe hierzu auch [HF 3-8.3](#)).
 - c. Die Verkehrsplanung des Landes und der Kommunen ist klar zugunsten des Umweltverbundes auszurichten. Eine Detaillierung einzelner Vorschläge hierzu findet sich im Maßnahmenpaket [HF 4-2](#) i. V. m. [HF 4-3](#), [4-4](#) und [4-9](#).
4. Bei der Ermittlung der relevanten Flächenbedarfe sollte das verankerte **Grundprinzip der Flächenschonung** (s. o.) wie folgt unterstützt werden
 - a. Bereits bebaute / **versiegelte Flächen** sind vorrangig zu nutzen.²⁹⁴

²⁹² Auf der gemeindlichen Ebene erfolgt die Bauleitplanung, die in der Regel die (allgemeinere) Flächennutzungsplanung (städtebauliche Planungs- und Entwicklungsziele, auch F-Plan oder FNP) sowie die (konkretere) Bauplanung (B-Plan) umfasst. Mit Bebauungsplänen treffen die Gemeinden Festlegungen für die Art und Weise der Grundstücksbebauung und die Nutzung von Flächen ohne Bebauung.

²⁹³ Gleiches gilt analog für die hier relevanten Genehmigungsprozesse für Anlagen und Infrastrukturen, die für das Erreichen der Klimaneutralität essenziell sind. Zur Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsprozessen siehe auch u. a. Maßnahme [HF 1-2](#) sowie [HF 3-5](#).

²⁹⁴ Um dies bereits in § 1 Abs. 2 ROG und § 1 Abs. 5 BauGB verankerte Prinzip zu stärken, sind im Rahmen dieses Gutachtens Instrumente wie beispielsweise eine Solarpflicht sowie Erleichterungen für die Errichtung / Anbringung von erneuerbaren Energien-Anlagen vorgeschlagen, siehe hierzu die Maßnahme [HF 1-4](#).

- b. Neue Energieanlagen und –Infrastrukturen sollten bevorzugt an / in der Nähe von bereits vorhandenen **Infrastrukturtrassen** sowie **Gewerbegebieten** errichtet werden.
 - c. Erneuerbare Energien und Effizienzmaßnahmen sind auch in Gebieten und an Gebäuden vorzusehen, die unter **Denkmalschutz** stehen. Hierfür sind Leitlinien für Lösungen zu entwickeln, die beiden Zielen gerecht werden und Beratungen und Leitfäden für die betroffenen Kommunen anzubieten (vgl. hierzu ausführlicher auch [HF 3-5.2](#)).
 - d. **Mehrfachnutzungen** von Flächen zulassen und befördern²⁹⁵: Dies gilt für die Kombination von mehreren erneuerbaren Energien ebenso wie für Kombinationen verschiedener Klimaschutz- und/oder Anpassungsmaßnahmen. Beispiele sind Wind-PV-Hybridanlagen (derzeit nur getrennte Planungen und Genehmigungen), aber auch erneuerbare Energien auf wiedervernässten Moorflächen sowie mit Land- und Forstwirtschaft (siehe hierzu auch [HF 1-1](#)).
 - e. Nutzung der **Tagebauflächen und –Seen** für Klimaschutz und Anpassung, insbesondere für erneuerbare Energien. Hierfür sind die raumplanerischen und bergrechtlichen Voraussetzungen gemeinsam mit dem Bund derart zu schaffen, dass diese neue Nutzung durch eine Vielfalt regionaler Akteure und Standortkommunen realisiert werden kann, um Akzeptanz und regionale Wertschöpfung zu erhöhen.
5. Es ist zu prüfen, inwieweit die Flächeninanspruchnahme durch **Photovoltaik auf Freiflächen** einer **überörtlichen Steuerung** bedarf, um die Nutzungskonkurrenzen zwischen Gewinnung erneuerbarer Energien dem weitgehenden Erhalt land- und forstwirtschaftlicher Nutzung sowie der Optimierung der Senkenfunktion der Landschaft auszutariieren.
 6. Die derzeit primär oberirdisch orientierte Raumplanung sollte um eine **Fachplanung des Untergrunds mit Fokus auf die Geoenergienutzung** ergänzt werden (oberflächennah bis tiefe Geothermie, Speicherung von Wärme und Energieträgern). Hierzu sollte kurzfristig eine Roadmap Geoenergien in Brandenburg als Beitrag zur Klimaneutralität entwickelt werden.

Kategorie und Rechtsrahmen

Planwerke und –Verfahren auf allen Ebenen, Personalausstattung, Konzepte/Studien/Leitfäden
Rechtsrahmen: Planungs- und Genehmigungsrecht, Bergrecht

Verantwortlichkeit

MIL, MWAE, MLUK, Regionale Planungsgemeinschaften/ -stellen und Kommunen

Fristigkeit

Einführung: in dieser Legislatur, Laufzeit: dauerhaft

Zielgruppe

Kommunen, Planende und Projektierer, Unternehmen und private Haushalte

THG-Minderung

Signifikanter, nicht genau bezifferbarer Beitrag zum Gesamtziel sowie insbesondere zu den Sektorzielen für Energie und Industrie sowie zu Verkehr und Gebäude

Nutzen

Sichere Grundlagen für Planung und Genehmigung, effizientere Administration, Erhöhung der Akzeptanz, Stärkung der regionalen Wertschöpfung und Beschäftigung

Aufwand

Der zusätzliche Personalbedarf für die Beschleunigung wird auf 2 VZÄ auf Landesebene und je 2 VZÄ auf Ebene jeder regionalen Planungsgemeinschaft (10) angesetzt. Für die Maßnahmenvorschläge 2 bis 6 werden in Summe 5 VZÄ angesetzt, die das vorhandene Personal unterstützen. Für die Maßnahmen 2, 4, 5 und 6 werden Kosten für Dienstleistungen (Gutachten, Konzepte, Leitfäden o. Ä.) in Höhe von 1,5 Mio. Euro angesetzt.

²⁹⁵ Hierfür sind die raumordnungs- bzw. bauplanungsrechtlich vorhandenen Instrumente, die Mehrfachnutzungen erlauben, zu nutzen oder zu erweitern, um die nachfolgend genannten Optionen und Kombinationen zu ermöglichen.

4.9.4 HF 8-4: Klimaneutralität braucht Fach- und Arbeitskräfte

Beschreibung

Um die Ziele für ein klimaneutrales Brandenburg in allen Sektoren in die Umsetzung zu bringen, braucht es ein entsprechendes Fach- und Arbeitskräfteangebot.²⁹⁶ Nach Untersuchungen des Institutes für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung haben umweltschutzbezogene Tätigkeiten in allen Berufsfeldern zugenommen. Aktuelle Klimaschutzmaßnahmen der Bundesregierung führen zudem zu einem erhöhten Bedarf an Arbeits- und Fachkräften in allen Anforderungsniveaus.²⁹⁷ Aktivitäten des Landes Brandenburg mit dem Ziel der Klimaneutralität und ebenso umfangreiche Ansiedlungen und der Ausbau von Produktionsstätten entlang von Wertschöpfungsketten der Elektromobilität oder der Wasserstoffnutzung werden diese Prozesse verstärken. Gleichzeitig werden durch den Strukturwandel Beschäftigte im Bereich fossiler Technologien freigesetzt, so dass in der Folge Kenntnisse und Fähigkeiten für neue berufliche Tätigkeiten vermittelt und Beschäftigungsalternativen geschaffen werden müssen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass insbesondere infolge der demografischen Entwicklung Fach- und Arbeitskräftebedarfe auch in anderen Branchen bestehen.

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist es, die relevanten Zielsetzungen der branchenübergreifenden Fach- und Arbeitskräftestrategie des Landes Brandenburg (MWAE 2022) zum Bilden, Halten und Gewinnen von Fach- und Arbeitskräften für Beschäftigungen in klimaschutzrelevanten Tätigkeitsfeldern in den Brandenburger Unternehmen umzusetzen und hierfür den Schulterschluss der Arbeitsmarktakteure (v. a. Bundesagentur für Arbeit, Kammern, Sozialpartner, MWAE, WFBB) herzustellen. Hierzu gehören ein frühzeitiges Engagement der Unternehmen zur Gewinnung von Fachkräftenachwuchs im Rahmen der Berufsorientierung und beruflichen Ausbildung sowie Investitionen in die berufliche Weiterbildung mit dem Ziel, Kenntnisse und Fähigkeiten fortlaufend an technologische Veränderungen anzupassen. Darüber hinaus müssen Unternehmen attraktive Arbeitsbedingungen im Sinne Guter Arbeit bieten, um im Wettbewerb um Fach- und Arbeitskräfte obsiegen zu können. Zudem gilt es, bei der Suche nach Fach- und Arbeitskräften weitere Zielgruppen verstärkt in den Blick zu nehmen. Hierzu gehören neben Absolventinnen und Absolventen von Brandenburger Hochschulen auch ausländische Fach- und Arbeitskräfte.

Empfohlene Einzelmaßnahmen

1. Aus- und Weiterbildung von Fach- und Arbeitskräften

- a. Nutzung der Ausbildungskampagne „Brandenburg will Dich! Hier hat Ausbildung Zukunft.“ für MINT-Berufe mit spezifischem Fokus auf klima- und energierelevanten Berufe wie zum Beispiel Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, Elektronikerinnen und Elektroniker und Kraftfahrzeugmechatronikerinnen und -mechatronikern.
- b. Inanspruchnahme der Servicestellen für Verbundausbildung zur Förderung von Zusatzqualifikationen, zur Anbahnung von Partnerschaften zwischen Unternehmen sowie mit Bildungsdienstleistern, für die Unterstützung von Jugendlichen bei der Einmündung in (Verbund-)Ausbildung und zur Steigerung der Ausbildungskompetenz der Betriebe zur Gewinnung neuer Zielgruppen.

²⁹⁶ Genereller könnte man an dieser Stelle von einem großen und schnell ansteigenden Bedarf an „Humankapital für die Energiewende“ in Brandenburg und Deutschlandweit sprechen, der auch andere Bereiche wie die öffentlichen Verwaltungen und Gerichte, Bildung und Wissenschaft umfasst. Die Personalbedarfe für die Landesverwaltungen werden in allen Handlungsfeldern gesondert adressiert, für die Themen Bildung und Wissenschaft siehe [HF 8-5](#).

²⁹⁷ Nach Angaben des Zentralverbands des Deutschen Handwerks (ZDH) fehlen aktuell schätzungsweise rund 250.000 Handwerkerinnen und Handwerker in Deutschland, „Tendenz steigend“ (dpa 2022), über 50 % der deutschen Unternehmen können offene Stellen aktuell nicht besetzen (DIHK 2021). Eine gemeinsame Erklärung mehrerer Interessenverbände unterstreicht die Problematik für das Erreichen der Klimaziele und fordert gezielte Unterstützung der Politik (IG Metall et al. 2022). Mit den Ausbauzielen der Bundesregierung müssten sich die Vollzeitäquivalente im Handwerk mindestens verdoppeln (Janzig 2022). Derartig hohe Bedarfe wurden auch für Brandenburg von verschiedenen Vertretenden der Wirtschaft im Rahmen der Beteiligungsformate dieses Gutachtens geäußert.

- c. Nutzung der ESF-Weiterbildungsrichtlinie für die betriebliche Kompetenzentwicklung entsprechend der Bedarfe der jeweiligen Unternehmen zur Anpassung von Kenntnissen und Fähigkeiten bei klimaschutzrelevanten Tätigkeiten.
 - d. Maßnahmen, u. a. der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE), zur Sensibilisierung, Anwendung und Verbreitung des Klimaschutzthemas verstetigen und stärken; z. B. Ausbildung von Azubis zu Energie-Scouts (IHK-Angebot) ausweiten und auf andere Bereiche übertragen (Verwaltung, Wirtschaft etc.); Thema Klimaschutz(berufe) auf Informations- und Orientierungsveranstaltungen wie „Zukunftstag“, „girls day“, Berufsmessen etc. systematisch integrieren.
- 2. Gewinnung von Fach- und Arbeitskräften**
- a. Nutzung der ESF-Förderrichtlinie „Brandenburger Innovationsfachkräfte“ zur Gewinnung hochqualifizierter Nachwuchsfachkräfte während des Studiums oder im Anschluss an ein Studium im Rahmen der Bearbeitung einer betrieblichen Innovationsaufgabe, dabei Nutzung der verlängerten Förderoption für Beschäftigungen im Bereich ökologischer Nachhaltigkeit.
 - b. Zielgerichtete Anwerbung von Fachkräften aus dem Ausland und betriebliche sowie gesellschaftliche Offenheit für Zuwanderung und Willkommenskultur.
- 3. Unterstützung von Innovationen**
- Entwicklung und Erprobung neuer Ideen zur Bewältigung der Brandenburger Herausforderungen in der Beschäftigungspolitik, unter anderem in den Bereichen Entwicklung von Kompetenzen für die Arbeitsmärkte der Zukunft, Revitalisierung ländlicher Räume sowie Umbau von Arbeits- und Produktionsprozessen mittels der ESF-Förderrichtlinie „Förderung sozialer Innovationen im Land Brandenburg“ (Neuaufgabe ab 2023)
- 4. Kommunikation, Vernetzung und ggf. Koordination übergreifender Aktivitäten**
- Die Landesregierung sollte die vorhandenen Gremien nutzen, um die Herausforderungen der Fach- und Arbeitskräftesicherung im Kontext der angestrebten Klimaneutralität darzustellen, die Partner eng in die Aktivitäten des Landes einbeziehen und zu eigenen Aktivitäten im Rahmen der jeweiligen Zuständigkeit anzuhalten. Als wichtige Gremien sind hier insbesondere das Bündnis für Gute Arbeit, der Sozialpartnerdialog und der Gemeinsame Beirat der Regionaldirektion Berlin-Brandenburg der Bundesagentur für Arbeit anzusehen. In die Gremien sind falls erforderlich jeweils Vertretende der betroffenen Klimaschutz-Branchen einzubeziehen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Aus- und Weiterbildung, Konzepte/Studien, Information/Beratung/Vernetzung sowie ggf. Förderprogramme

Rechtsrahmen: u. a. Aus- und Fortbildungsordnungen

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Land Brandenburg (insb. MWAE), i. V. m. WFBB, IHKn und HWKn, Träger für Aus- und Weiterbildung, ggf. einzelne Branchenverbände

Fristigkeit

Einführung: Kurzfristig

Laufzeit (kurz- bis mittelfristig)

Zielgruppe

Ausbildungsträger und Unternehmen, zukünftige Fachkräfte

THG-Minderung

Ohne ausreichend Fachkräfte bzw. die aktive Beseitigung von Engpässen können die THG-Minderungsziele in mehreren HF nicht erreicht werden.

Nutzen

Siehe Ausführung zu vorhergehendem Punkt

Aufwand

Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen können maßgeblich vom Bestandspersonal des Landes bestritten werden, mit Unterstützung der anderen Arbeitsmarktakteure. Die Ressourcen der o. g. Strategien sind zu nutzen, im Rahmen der Maßnahmen 1d wird eine neue Stelle vorgeschlagen.

4.9.5 HF 8-5: Bildung, Wissenschaft und Forschung

Beschreibung

Der möglichst rasche Umstieg auf klimaneutrale Technologien und Infrastrukturen in allen gesellschaftlichen Bereichen wird bereits durch eine aktive Bildungs-, Forschungs- und Wissenschaftspolitik flankiert. Diese ist vor dem Hintergrund der neuen Anforderungen an die Klimaneutralität zu aktualisieren und noch konsequenter in allen Bereichen zu verankern.

Ziel der Maßnahme

Bildung: Die Integration des Themas Klimaschutz in alle Bildungsphasen und -bereiche eröffnet die Chance auf eine höhere Akzeptanz und mehr Engagement für das Thema, auf Verhaltensänderungen im Sinne des Klimaschutzes sowie auf eine verstärkte Berufswahl in den Themenfeldern der Klimaneutralität.²⁹⁸ Ziel dieser Maßnahme ist es, bestehende Bildungsangebote auf die Anforderungen der Klimaneutralität zu erweitern, die strukturelle Verbreitung und Verankerung des Themas in möglichst viele Bildungseinrichtungen voranzubringen und hierfür auf möglichst vielfältige Einrichtungen und Initiativen (staatliche, private sowie zivilgesellschaftliche) zurückzugreifen. Auch **Wissenschaft und Forschung** nehmen eine essenzielle Rolle beim Erreichen der Klimaneutralität ein. Das Aus- und Weiterbildungsangebot der Hochschulen sollte dementsprechend alle notwendigen Lehrangebote für die relevanten Themenfelder der Klimaneutralität abdecken. Im Bereich der Forschung sollten durch entsprechende Förderprogramme die für die Klimaneutralität erforderlichen Forschungsthemen, Konzepte und Technologien untersucht bzw. entwickelt und in Pilotvorhaben angewendet werden. Dabei sollten die in Brandenburg ansässigen und in Teilen exzellenten Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen eingebunden werden, deren Potenzial zudem gezielter für die Politikberatung des Landes sowie die Gestaltung und Begleitung der konkreten Transformationsprozesse vor Ort genutzt werden kann.

Empfohlene Einzelmaßnahmen für den Bildungsbereich

1. Initiative Klimaschutz in der **Kita** weiter verbreiten; vorhandene Materialien in bereits in Brandenburg existierende Angebote der Bildung für nachhaltige Entwicklung integrieren und auf Klimaneutralität erweitern²⁹⁹
2. Das Thema und die Anforderungen der Klimaneutralität in die einschlägigen **schulischen Klimaschutz-Bildungsangebote** in Brandenburg integrieren, Klimaschutzbildung (fachübergreifend) ausweiten sowie die Träger **außerschulischer Bildungsangebote stärker einbinden**.
3. **Schulen und Bildungseinrichtungen³⁰⁰ als Multiplikatoren für Klima- und Umweltschutz** stärker nutzen:
 - a. Die Vernetzung von Schulen und Bildungseinrichtungen zum Thema Klimaneutralität sowie
 - b. die Entwicklung von Konzepten zur Erreichung von Klimaneutralität für Schulen und Bildungseinrichtungen fördern.
 - c. Insbesondere die Umsetzung von Maßnahmen zur Erreichung der Klimaneutralität ist wichtig, damit das Thema für Kinder und Jugendliche, Schülerinnen und Schüler und Lehrkräfte begreifbar wird und die öffentliche Hand in diesem wichtigen gesellschaftlichen Bereich die Vorreiterrolle sichtbar macht; hierfür ist das Investitionsvolumen aus den entsprechenden Förderprogrammen deutlich aufzustocken und für alle Schulformen, Kitas und Jugendbildungseinrichtungen zu öffnen

²⁹⁸ Diese Integration im grundsätzlich bereits im gemeinsamen Rahmenlehrplan Berlin-Brandenburg Rahmenlehrplan enthalten, in dem seit 2017/2018 „Nachhaltige Entwicklung/ Lernen in Globalen Zusammenhängen“ verankert ist und damit die Pflicht besteht, dies in allen Fächern integrativ einzubinden.

²⁹⁹ Hierbei kann auf vorhandene Materialien zurückgegriffen werden, u. a. auf das Bildungsangebot des Klima-Kita-Netzwerks (Naturschutzjugend im NABU, siehe unter <https://klima-kita-netzwerk.de> [29.6.2022] oder KISS von den Scientists und Teachers for Future, siehe unter <https://schule.scientists4future.org/kiss-2022/> [22.7.2022]).

³⁰⁰ Hier sind alle diesbezüglichen Einrichtungen gemeint, also neben allen Schulformen auch Kitas, Jugendbildungsstätten, Volkshochschulen und Heimvolkshochschulen.

4. Ausbau/Ausweitung von **schulischen Wettbewerben, Kampagnen und Projekten** (z. B. Schüler- und Schülerinnen- oder Lehrkräfte-AGs) zum Thema Klimaneutralität im Kontext der Nachhaltigen Entwicklung (quantitativ mehr Auszeichnungen ermöglichen, höheres Preisgeld, Vernetzung und Besichtigungen von guten Beispielen initiieren und budgetieren, das involviert insgesamt mehr Personen, aktiviert und stärkt die Rolle der Teilnehmenden als Multiplikatoren). Inhaltlicher Gegenstand sollten auch konkrete Vorbereitungen von klimaneutralen Modernisierungen sein.
5. Integration von Klimaschutz-Bildungsangeboten im Kontext der Klimaneutralität in die **Jugendarbeit** in Kooperation mit den freien Trägern der Jugendhilfe wie z. B. Gemeinschaftsgartenprojekte entwickeln/ fördern sowie Verbreitung in (digitalen und analogen) **sozialen Netzwerken** mit regionalem Bezug, z. B. Nachbarschaftsplattformen und -treffs.
6. Stärkere Integration von Klimaschutz und Klimaneutralität in einschlägige Fächer in die **Aus- und insbesondere die Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften und pädagogischem Personal** (siehe unten Kooperation mit Hochschulen)
7. Aufnahme von Tätigkeiten im Umsetzungsbereich der Klimaneutralität im Rahmen des **freiwilligen Jahres**, z. B. Unterstützung von Energiegenossenschaften, ggf. auch Bau von erneuerbare Energien-Anlagen (kann durch Träger umgesetzt werden)
8. Stärkung der außerschulischen, non-formalen (Klima-)Bildung für nachhaltige Entwicklung durch Schaffung dauerhafter Strukturen (z. B. Etablierung der Servicestelle BNE mit drei angegliederten Regionalstellen, Verstärkung der Großschutzgebietsverwaltungen und Waldschulen mit weiteren BNE-Mitarbeitenden).
9. Stärkere Integration von Klimaschutz und Klimaneutralität im Rahmen der Bildung für Nachhaltigen Entwicklung in die **Erwachsenenbildung**; spezifische Förderungen für Angebote im strukturschwachen Raum
10. **Kommunen** als Schulträger **als Multiplikatoren** gewinnen; feste Ansprechpersonen in Schulämtern und Kommunen etablieren, Klima/Nachhaltigkeit als Daseinsvorsorge definieren.

Empfohlene Einzelmaßnahmen für Wissenschaft und Forschung

11. **Runder Tisch Hochschullehre** / akademische Ausbildung zur Klimaneutralität: Bestandsaufnahme und Bedarfe im Kontext Klimaneutralität bei den Lehrangeboten (Studiengänge, Schwerpunkte, Module) Brandenburger Hochschulen (kann ggf. auch in den Runden Tisch BNE integriert werden.)
12. Verstärkte **Transferaktivitäten** in den Themenfeldern der Klimaneutralität zwischen Hochschulen und regionaler Wirtschaft mit Fokus auf KMU, unter Einbeziehung der neu angesiedelten Institute; unter Berücksichtigung der Maßnahmen und Elemente der Brandenburger Transferstrategie.
13. Initiierung einer institutionellen **Kooperation** der für Klimaneutralität wichtigen **Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen** des Landes (mögl. Titel „Climate Neutrality Forum Brandenburg“)³⁰¹, mit dem Ziel, die Übertragbarkeit / Anwendbarkeit internationaler Forschungserkenntnisse auf die regionale Ebene Brandenburgs in den Blick zu nehmen. Das Forum sollte die erforderliche inter- und transdisziplinäre Breite abdecken und kann durch Partnerinstitute aus Berlin oder anderen Regionen, die hohe Brandenburg-spezifische Kompetenz aufweisen, ergänzt werden.
14. Identifikation von **Forschungs- und Entwicklungspotenzialen** im Kontext der Klimaneutralität zur Vorbereitung der Initiierung von Forschungs- sowie Pilot-/Demonstrationsvorhaben zu für Brandenburg relevanten Zukunftstechnologien und –Konzepten.³⁰² Eine solche Analyse und

³⁰¹ Von 2008 bis 2017 gab es in Brandenburg bereits die sogenannte „Klimaplattform“ mit einem Fokus auf Klimawandelforschung, die als gemeinnütziger Verein konstituiert war (www.klimaplattform.de [7.7.2022]).

³⁰² Dies können Zukunftstechnologien beispielsweise aus dem Bereich der Pyrolyse oder andere technische oder natürliche Maßnahmen mit einer CO₂-Senkenwirkung sein, die für Brandenburg aber auch bundesweit und international ein großes Potenzial aufweisen.

anschließende Forschungsinitiative kann aus der zuvor vorgeschlagenen Kooperation hervorgehen. Fördermittelgeber sollte und muss hier vorrangig Bundesebene und EU sein (z. B. BMBF, Ressortforschungsprogramme); das Land kann mit hier relevanten Einrichtungen ggf. insbesondere bei der Findung von Industriekooperationen unterstützen oder ggf. ergänzende Landesförderungen auflegen; eine explizite Schwerpunktsetzung zu den Themenfeldern der Klimaneutralität z. B. im Rahmen der Innovationsförderung des Landes ist zu prüfen.

15. **Hochschulen als klimaneutrale Vorreiter entwickeln:** Gerade die akademischen Ausbildungsstätten müssen mit gutem Beispiel vorangehen und somit auch für Lehre und Praxis Anschauung bieten. Daher sollten die Hochschulen
- a. mit dem Land ganzheitliche Klimaneutralitätsvereinbarungen schließen und
 - b. die Liegenschaften im Rahmen der Vorreiterrolle der öffentlichen Hand (zusammen mit allen anderen Bildungs-/Schuleinrichtungen, s. o.) eine bevorzugte Rolle spielen; diesbezüglich sollte das o. g. Förderprogramm für Bauinvestitionen an Schulen geöffnet und ausgeweitet werden (siehe hierzu auch [Maßnahme 8-1](#)).

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen, Konzepte/Studien/Leitfäden, Information/Beratung/Vernetzung, Forschung & Entwicklung/Pilotvorhaben, Förderprogramme/Finanzierungsinstrumente

Rechtssetzung: ggf. Anpassung des Rahmenlehrplans

Verantwortlichkeit

Umsetzungszuständigkeit: Bildung: Land gemeinsam mit Bildungsträgern und Initiativen; Wissenschaft und Forschung: Land gemeinsam mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig

Laufzeit: kurz- bis mittelfristig

Zielgruppe

Kitas, Schulen sowie Bildungsträger in kommunaler Trägerschaft, Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Akteure der außerschulischen, non-formalen Bildung, Kommunen

THG-Minderung

Nicht ermittelbar, indirekte Wirkung mit tendenziell großem Impact (Multiplikatorwirkung)

Nutzen

Maßnahmen dienen der Akzeptanz und Gestaltungskompetenz, dem Arbeitsmarkt, der Wirtschaft und der Zukunftsfähigkeit Brandenburgs im Kontext Klimaneutralität

Aufwand

Für den Bereich Bildung sind für die Maßnahmen 1, 2, 3, 5, und 6 jeweils zusätzliche Stellenanteile in der Verwaltung oder bei Dritten anzusetzen, die hier in Summe auf etwa 2 VZÄ angesetzt werden. Für die Maßnahme 8 wird von 7 zusätzlichen VZÄ ausgegangen. Für schulische Wettbewerbe (Nr. 4), Lehre im Bereich der Erwachsenenbildung (Nr. 9) sowie das CNF (Nr. 13) werden in Summe 3 Mio. Euro veranschlagt. Der mit Abstand größte Finanzaufwand entsteht durch den klimaneutralen Neubau und die klimaneutrale Modernisierung von Schul-/Bildungsgebäuden; hierfür sind geeignete Programme aufzustocken und zu erweitern (z. B. Fortschreibung als „KIP III Schule“ mit erweitertem Geltungsbereich auch für Kitas und Jugendbildungseinrichtungen in kommunaler Trägerschaft). Die Finanzierung erfolgt über den in [HF 8-1](#) vorgeschlagenen Klima-Fonds.

4.9.6 HF 8-6: Akzeptanz und Verbraucherschutz

Beschreibung

Der rasche Umbau hin zur Klimaneutralität bedarf der Unterstützung und Mitwirkung aller Brandenburgerinnen und Brandenburger. Die Akzeptanz für die Energiewende und der weiteren Maßnahmen im Kontext der Klimaneutralität ist zwar generell hoch, zur Aufrechterhaltung und Erhöhung der Akzeptanz vor Ort braucht es jedoch spezifische Maßnahmen. Insbesondere mit Blick auf die benötigten zusätzlichen Flächen für die Energiewende³⁰³ muss es parallel ein Maßnahmenbündel geben, das sicherstellt, dass ein großer Teil des ökonomischen Nutzens der EE-Anlagen vor Ort verbleiben kann.³⁰⁴ Aus Sicht des Verbraucherschutzes gilt es zudem insbesondere die Sozialverträglichkeit der Klimaneutralität im Blick zu halten. Dies gilt gleichermaßen für die Vermeidung einer zu hohen Kostenbelastung durch die Nutzung fossiler Energieträger wie auch durch klimaneutrale Maßnahmen (wobei hier maßgeblich die Bundesebene zu adressieren ist). Schlüsselstrategien für Akzeptanz wie auch Verbraucherschutz sind daher einerseits Beratung und andererseits Beteiligung (weitere Voraussetzungen wie Bildung werden vor allem in [HS 8-5](#) adressiert).

Ziel der Maßnahme ist, die Akzeptanz der Bürgerschaft im Allgemeinen zu erhalten und sie vor Ort zu erhöhen. Mit Blick auf ihre Rolle als Verbraucherinnen und Verbrauchern soll die Sozialverträglichkeit der Klimaneutralitätsmaßnahmen weitgehend sichergestellt werden. Ein Schlüssel für die Akzeptanz ist die Beteiligung an der Umsetzung von Maßnahmen zur Klimaneutralität in den unterschiedlichen Rollen, die die Bürgerschaft einnehmen kann (Müller et al. 2016). Dabei geht es zum Teil um die Schaffung von Rahmenbedingungen, um die Möglichkeit mitzugestalten und selbst zu handeln, aber auch um die Verantwortung von Unternehmen u. a. zur Schaffung von Transparenz und Teilhabe. Dies betrifft die prozedurale Beteiligung im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren, die finanzielle Beteiligung an klimaneutralen Investitionen sowie die Beteiligung an der konkreten Umsetzung im eigenen Umfeld durch klimaneutralen Konsum oder Modernisierungen. Das Thema Klimaneutralität sollte auch in Verbindung mit dem Thema „nachhaltiger Konsum“ durch Beratung und Anreize gestärkt und in der Verbraucherpolitischen Strategie des Landes verankert werden. Da die Kommunen eine sehr wichtige Rolle für die Akzeptanz vor Ort einnehmen, ist auch deren aktive Beteiligung an klimaneutralen Maßnahmen von großer Bedeutung. Hier kommt insbesondere der finanziellen Beteiligung eine Schlüsselrolle zu (Salecki und Hirschl 2021), die es deshalb zu stärken und zu ermöglichen gilt. Überall dort, wo entsprechende Fördermittel von der Bundesebene kommen, muss das Land eine Dienstleistungs- und Lotsenfunktion übernehmen, damit die Mittel von den entsprechenden Zielgruppen in Anspruch genommen werden können.

Empfohlene Einzelmaßnahmen (primär) zur Akzeptanzsteigerung

1. **Klimabürgerinnen und -bürger-Rat** für Brandenburg
Als ein innovatives Element könnten statt einer rein zufallsbasierten Zusammenstellung auch die Integration von vorhandenen Räten wie dem Ernährungsrat Brandenburg erwogen werden.
2. **Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern an Planungs- und Genehmigungsprozessen** erhöhen / sicherstellen:
 - a. kritische Analyse der gängigen Verfahrenspraxis in Brandenburg
 - b. stärkere Begleitung / Beratung / Mediation in Planungs- und Genehmigungsprozessen von Energiewende-Anlagen.

³⁰³ Hierbei ist aus Sicht der Gutachterinnen und Gutachter und nach Maßgabe der Szenarioergebnisse darauf hinzuweisen, dass es sowohl eine möglichst umfassende Nutzung von Photovoltaikanlagen auf und an Gebäuden/Objekten, aber auch gleichzeitig eine weitere Errichtung von Anlagen auf der freien Fläche geben muss. Eine Priorisierung bzw. zeitliche Reihung, wie sie im Entschließungsantrag des Landtags (Drucksache 7/5546) beschrieben ist, sehen wir als nicht zielführend an.

³⁰⁴ Dass die finanzielle Beteiligung vor Ort eine signifikant positive Wirkung auf die lokale Akzeptanz haben kann, ist wissenschaftlich mittlerweile klar bestätigt (Hübner et al. 2020; Wolf 2020; Salecki und Hirschl 2021).

3. **Finanzielle Beteiligung von Bürgerinnen und Bürger** erhöhen zur Steigerung der Akzeptanz und Aktivierung privaten Kapitals für die Energiewende (aufbauend auf Landtagsbeschluss 7/5546)
 - a. Angebote zur Beteiligung stärken: entweder verpflichtende Regelung wie etwa im Bürger- und Gemeindeneteiligungsgesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern³⁰⁵, oder Selbstverpflichtung aller Anbietenden bzw. Nachweis eines Labels nach dem Vorbild Thüringens (Faire Windenergie).
 - b. Angebote zur Beteiligung an klimaneutralen Investitionen an/in öffentlichen Gebäuden, z. B. durch etablierte Formen der Eigen- oder Fremdkapitalbeteiligung oder neuere Formen wie Crowdfunding schaffen bzw. stärken
 - c. Beratung für Energiegesellschaften der Bürgerinnen und Bürger / Energiegenossenschaften / Energiegemeinschaften in Gründung
4. **Kampagne für ein klimaneutrales Brandenburg:** kurz- bis mittelfristig angelegte Kampagne mit zielgruppengerechter Wissensvermittlung (auch: Wissenschaftskommunikation), in der Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt und weiterführende Informationsplattformen vermittelt (und dadurch etabliert) werden.
5. **Plattform für zivilgesellschaftliche Beteiligung und Vernetzung zur Klimaneutralität** aufbauen bzw. in geeignete vorhandene (Brandenburger bzw. in Brandenburg stark genutzte) Plattform(en) integrieren (z. B. Nachhaltigkeitsplattform³⁰⁶)
6. Beratung für private Haushalte zu **individuellem und gemeinschaftlichem Prosuming**³⁰⁷
7. Unterstützung / Förderung des neuen, beteiligungsorientierten Geschäftsfelds der **Energiegemeinschaften** (energy sharing-Konzepte) nach erfolgter bundespolitischer Rahmensetzung zu EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie Artikel 22; verankert bei Energieagentur
8. Initiative für **grüne Regionalstromangebote** (auf Basis erneuerbarer Energieträger) in den Brandenburger Regionen, Landkreisen, Kommunen („mein Strom aus meiner Region/ aus meinem Dorf“) mit Brandenburger EVU: Vereinbarung mit EVU zum Aufbau eines flächendeckenden Angebotes, Kampagne zur Bewerbung inkl. Prüfauftrag für nudging-Ansätze
9. **Finanzielle Beteiligung von Kommunen** erhöhen
 - a. Beratung zur finanziellen Beteiligung bzw. für Eigenprojekte von Kommunen, interkommunale Projekte, Projektumsetzung durch kommunale Unternehmen
 - b. Bürgschaften und Kreditangebote des Landes für kommunale Beteiligungen
 - c. Prüfung der Änderung haushaltsrechtlicher Regelungen zur Investition in (risikoarme) klimaneutrale Anlagen auch durch finanzschwache Kommunen
 - d. Prüfung eines Vorkaufsrechts der Kommunen für am Standort errichtete erneuerbare Energien-Anlagen

Empfohlene Einzelmaßnahmen, (primär) verbraucherschutzbezogen

10. Gesetzliche Vorschriften sowie (damit verbundene) Förderprogramme im Energiewendebereich sind möglichst an **Sozialverträglichkeitsziele** zu koppeln (z. B. Begrenzung der Umlage bei energetischer Modernisierung, siehe auch HF Wärmewende und Wohnen)

³⁰⁵ Nach Einschätzung der Gutachterinnen und Gutachtern und dem überwiegenden Stand der Forschung ist bei der Wahl eines Instruments zur finanziellen Beteiligung die der Kommune (und damit indirekt aller Bürgerinnen und Bürger) gegenüber einer optionalen Beteiligung einzelner Bürgerinnen und Bürger vorzuziehen (Salecki et al. 2020).

³⁰⁶ <https://plattform-bb.de/> [8.7.2022].

³⁰⁷ Prosuming ist ein zusammengesetzter Begriff aus Produzieren und Konsumieren. Im Kontext der Energiewende ist ein Prosument beispielsweise ein privater Solaranlagenbetreiber, der seine Energie selbst erzeugt und verbraucht, darüber hinaus aber auch weiterhin Energie von einem Versorger bezieht. Gemeinschaftliches Prosuming kann in sogenannten Energiegemeinschaften erfolgen. Diese müssten gemäß EU-RED II (Richtlinie für erneuerbare Energien) bereits seit einigen Jahren in Deutschland ermöglicht werden; die aktuelle Bundesregierung hat sich dies nun zeitnah vorgenommen.

11. Verstärkung und Verstetigung der **Beratung für Bürgerinnen und Bürger, für Unternehmen und Mitarbeitende der Verwaltungen** zu den Themen Energieeinsparung (Suffizienz, Effizienz), klimaneutraler energetischer Modernisierung, klimaneutraler Konsum in Verbindung mit Themen wie Stärkung des lokalen Einzelhandels und regionaler Produktion, nachhaltige, klimaneutrale Lebensmittel, grüne / nachhaltige / klimaneutrale Geldanlagen.

Kategorie und Rechtsrahmen

Kategorie: Konzepte/Studien; Information/Beratung/Vernetzung; Förderprogramme; Planungsverfahren (zum Thema Beratung durch eine spezifische Agentur siehe auch [HS 8-1](#))
 Rechtsrahmen: Verweis auf bundesrechtliche Regelungen zur Sicherstellung der Sozialverträglichkeit von Energiewendemaßnahmen

Verantwortlichkeit

MLUK i. V. m. (je nach Einzelthema) MWAE, MIK, MdFE, MSGIV, MIL, Energieagentur und ggf. BSKK für Beratungsleistungen

Fristigkeit

Einführung: kurzfristig
 Laufzeit: Untersuchungen, Kampagnen und Beratung: kurz- bis mittelfristig; finanzielle Beteiligung, Sozialverträglichkeit: dauerhafte Regelungen

Zielgruppe

private Haushalte, Kommunen, Energieversorger, Plattformbetreiber

THG-Minderung

Nicht ermittelbar, indirekte Wirkung mit tendenziell großem Impact (Multiplikatorwirkung)

Nutzen

Maßnahmen dienen der Akzeptanz, der Sozialverträglichkeit und der Finanzierung der Klimaneutralität

Aufwand

Einige der hier vorgeschlagenen Maßnahmen benötigen Geld für Dienstleistungen (Nr. 1, 2a, 4, 5, 8), die in Summe mit ca. 1,5 Mio. Euro veranschlagt werden, zudem sind für die Beratungsleistungen 2b und 3c jeweils 1 VZÄ vorzusehen, diejenigen in Nr. 6 und 11 sollten je Planungsregion angeboten werden (in Summe 10 VZÄ).

4.9.7 HF 8-7: Bioökonomie

Die Bioökonomie zielt auf den Ersatz fossiler durch biobasierte Ressourcen (biogene Rohstoffe, Reststoffe und Abfälle) in allen wirtschaftlichen Sektoren. Damit bietet sie bei einer nachhaltigen Anwendung das Potenzial, Beiträge zur Dekarbonisierung, zur Ressourcenschonung sowie zum Umweltschutz zu leisten. Insofern spielt sie auch bei der Erreichung von Klimaneutralität eine zentrale Rolle. Zugleich können mithilfe der Bioökonomie zusätzliche Arbeitsplätze in der Region geschaffen werden, da größtenteils importierte Rohstoffe ersetzt werden. Die Landesregierung will mit der Bioökonomie den Umbau zu einer zukunftsfähigen, nachhaltigen und biobasierten Kreislaufwirtschaft sowohl in Forschung und Innovation als auch in etablierten Wirtschaftszweigen unterstützen und dabei regionale Wertschöpfungspotenziale heben. Handlungsbereiche der Bioökonomie finden sich neben der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft beispielsweise in der Bau-, Energie- und Textilwirtschaft sowie in der Chemie-, Kunststoff- und Pharmaindustrie. Eine effiziente Verwendung begrenzt verfügbarer, biobasierter Ressourcen im Rahmen einer Koppel- und Kaskadennutzung ermöglicht neben der vorrangigen Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln die Herstellung einer Vielfalt an stofflichen und energetischen Produkten.

Der Brandenburger Landtag hat mit **Beschluss** seiner 54. Sitzung am 17. November 2021 die Landesregierung aufgefordert, bis zum ersten Quartal 2024 eine **Bioökonomie-Strategie für das Land Brandenburg** vorzulegen (Landtag Brandenburg 2021b). Brandenburg kann dabei auf bereits vorhandene, diverse Beispiele aufbauen (vgl. hier die Broschüre Nachhaltige Bioökonomie in Brandenburg (MLUK und MWFK 2020) und sollte diese gezielt und strategisch auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wirtschaft weiterentwickeln. Die Gutachterinnen und Gutachter unterstützen die im Beschluss formulierten Punkte vollumfänglich. Diese sind zudem in hohem Maße kompatibel zu den Handlungsfeldern der zu Beginn 2020 verabschiedeten Nationalen Bioökonomie-Strategie des Bundes (BMBF und BMEL 2020).

Mit dem bereits erfolgten Beschluss des Landtages entfällt aus Sicht der Gutachterinnen und Gutachter die Notwendigkeit der Formulierung einer eigenständigen, strukturierten Maßnahme im Klimaplan. Deshalb werden an dieser Stelle einige ergänzende Hinweise für die Ausgestaltung und Umsetzung der zu erarbeitenden Bioökonomie-Strategie gegeben.

Im **stofflichen Bereich** sehen wir ergänzend zum Beschluss des Landtages und mit Blick auf **zentrale Hebel** für den Klimaschutz vor allem die folgenden Themenfelder als prioritär an: Verstärkter Einsatz von biobasierten **Baustoffen** (insbesondere Substitution von konventionellen Dämmmaterialien und Beton)³⁰⁸ sowie von biobasierten **Kunststoffen** (in allen Anwendungen und Sektoren).³⁰⁹ Aufgrund der großen quantitativen Bedeutung dieser beiden Produktgruppen bedarf es frühzeitiger Weichenstellungen für die Bereitstellung von biogenen Alternativprodukten aus Brandenburg. Gleichzeitig sollten die vielen anderen Anwendungsbereiche aus Klimaschutz- und Wertschöpfungsgründen weiter im Fokus der Betrachtung sein, d. h. analysiert und erschlossen werden.

³⁰⁸ Hierbei ist sicherzustellen, dass diese Baustoffe die gleichen materiellen Anforderungen erfüllen und für den Nutzungszweck hinreichend geeignet sind.

³⁰⁹ Die Klimaschutzleistungen biobasierter Produkte durch Substitution konventioneller und fossil basierter Produkte sind erheblich: Die Größenordnung der Substitution durch Holzprodukte wurde von Bolte et al. (2021, 12–15) auf 28 Mio. t CO_{2e} pro Jahr beziffert und erreicht zusammen mit der C-Festlegung in den Holzprodukten (2 Mio. t CO_{2e} pro Jahr) fast die Hälfte der C-Festlegung des Waldspeichers inklusive Totholz und Boden mit 62 Mio. t CO_{2e} pro Jahr.

Um eine nachhaltige Anwendung der Bioökonomie in Brandenburg zu gewährleisten, ist gleichzeitig die **Angebotsseite** in den Blick zu nehmen. Dabei sollte besonders auf den Vorrang der Ernährungssicherung, auf eine verstärkte Kaskadennutzung und auf eine nachhaltige Erzeugung und Bereitstellung biogener Rohstoffe geachtet werden. Bei der Untersuchung der zur Verfügung stehenden **Biomasse-Potenziale** sind einerseits die aktuellsten klimatologischen Projektionen zu berücksichtigen, die sowohl die Biomassemengen als auch die -qualitäten deutlich verändern werden. Andererseits werden sich durch die einschlägigen sowie die in diesem Gutachten vorgeschlagenen und den parallel in anderen politischen Prozessen entwickelten und vorangetriebenen Strategien und Maßnahmen die bisherigen Potenziale verändern und neue Potenzialfelder entstehen. Das erfolgt beispielsweise durch eine veränderte Nutzung von biologischen Ressourcen (Abfall- und Reststoffe, Koppel- und Kaskadennutzung), veränderte Flächenpotenziale durch (trendfolgend) verminderte Tierhaltung und erhöhte vegetarisch-vegane Ernährung oder die Erhöhung des Substitutionsdrucks fossiler Produktgruppen durch steigende CO₂-Preise. Es umfasst aber auch die Wiedervernässung von Moorstandorten und den Anbau von Paludikulturen oder die Berücksichtigung des erhöhten Flächenbedarfes von Ökolandbau und Photovoltaikanlagen. Die Gutachterinnen und Gutachter unterstützen insbesondere den **regionalen Ansatz** der Strategie, der durch **Wertschöpfung vor Ort** sowohl ökonomische Perspektiven für den ländlichen, strukturschwachen Raum bieten, als auch die Resilienz der lokalen Wirtschaft gegen Engpässe von importierten Rohstoffen steigern kann.³¹⁰ Nicht vernachlässigt werden sollte in dem Zusammenhang die enge **Zusammenarbeit mit Berlin**, um im Metropolraum eine Vielzahl nachhaltiger bioökonomischer Potenziale, Kreisläufe und Geschäftsfelder zu erschließen.

³¹⁰ Hierbei ist jedoch keinesfalls auszublenden, dass ein Umstieg auf eine Bioökonomie eigene Versorgungs- und Lieferrisiken mit sich bringt, wie die vielen lokalen Ernteauffälle der letzten Jahre durch z. B. Dürren, Hitzeschäden oder Extremwetter gezeigt haben. Vor diesem Hintergrund sind die Wahl und Bandbreite der (in Brandenburg und überregional verfügbaren) biogenen Rohstoffe und ihre langfristige Verfügbarkeit unter sich verändernden klimatischen Bedingungen wichtige Prämissen der Bioökonomie-Strategie.

5 Literaturverzeichnis

- acatech [Deutsche Akademie der Technikwissenschaften] (2019): Mobilität und Klimaschutz. Gesellschaftliches Problembewusstsein und individuelle Veränderungsspielräume. <https://www.acatech.de/publikation/mobilitaet-und-klimaschutz/> (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- acatech, Leopoldina, und Akademienunion (2022): Welche Auswirkungen hat der Ukrainekrieg auf die Energiepreise und Versorgungssicherheit in Europa? Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. <https://energiesysteme-zukunft.de/publikationen/stellungnahme/energiepreise-versorgungssicherheit> (Zugriff: 19. Juli 2022).
- AfS BBB [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2019a): Luftbelastungspotential in Berlin und Brandenburg 2019 - Lange Zeitreihe. Potsdam. <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/luftverunreinigungen> (Zugriff: 22. Oktober 2021).
- AfS BBB [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2019b): Statistischer Bericht F I 2 – 4 j / 18. Ergebnisse des Mikrozensus im Land Brandenburg 2018. Wohnsituation. Potsdam. https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/0db4d11e00b33682/d27d42bd89f8/SB_F01-02-00_2018j04_BB.pdf (Zugriff: 28. Februar 2023).
- AfS BBB [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2020): Statistischer Bericht F I 1 - j/19. Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes im Land Brandenburg am 31. Dezember 2019. Potsdam. https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/47843800fc232e83/1917ae821407/SB_F01-01-00_2019j01_BE.pdf (Zugriff: 28. Februar 2023).
- AfS BBB [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2021a): Statistischer Bericht E IV 4 - j / 18 Energie- und CO₂-Bilanz im Land Brandenburg 2018. Potsdam. https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/a55e41345076fc3a/3131a11bf647/SB_E04-04-00_2018j01_BB.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- AfS BBB [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2021b): Bevölkerungsstand - Lange Reihen. Statistischer Bericht. Potsdam. <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/bevoelkerung/demografie/bevoelkerungsstand> (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- AfS BBB [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2021c): Bevölkerungsstand Brandenburg 2020. Website: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/a-i-3-j> (Zugriff: 24. Januar 2022).
- AfS BBB [Amt für Statistik Berlin und Brandenburg] (2021d): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen (VGR), Lange Reihe für Berlin und Brandenburg. <https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/a7aff79594c127c4/48511c93f98a/volkswirtschaftliche-gesamtrechnung-lange-reihe-2020.xlsx> (Zugriff: 18. Juli 2022).
- AGFS [Arbeitsgemeinschaft fußgänger- und fahrradfreundlicher Städte, Gemeinden und Kreise in NRW e.V.] (2018): Handlungsleitfaden zur Förderung des Fußverkehrs in den Kommunen. https://www.vm.nrw.de/verkehr/_pdf_container/Handlungsleitfaden_Fussverkehr_RZ_WEB.pdf (Zugriff: 2. August 2022).
- Allekotte, Michel, Hans-Jörg Althaus, Fabian Bergk, Kirsten Biemann, Wolfram Knörr und Daniel Sutter (2021): Umweltfreundlich mobil! Ein ökologischer Verkehrsartenvergleich für den Personen- und Güterverkehr in Deutschland (März): 44.
- ArcelorMittal [ArcelorMittal Eisenhüttenstadt GmbH] (2021): Klimaneutraler Stahl in Eisenhüttenstadt: Annalena Baerbock besuchte ArcelorMittal-Werk. Website: https://eisenhuettenstadt.arcelormittal.com/News-Information/Pressemeldungen/2021/broker.jsp?uMen=2a350b16-d5ab-c671-587e-7e978c4e5e0b&uCon=a2e708f1-a051-5a71-15e6-8bd6474702ce&uTem=aaaaaaaa-aaaa-aaaa-aaaa-000000000042&_ic_currentpage=1&_ic_currentpagesize=60&all=true&_ic_back=true (Zugriff: 31. Mai 2022).
- ASF [Abfallwirtschaft und Stadtreinigung Freiburg] (2021): Geschäftsbericht 2021. Freiburg i. B. https://abfallwirtschaft-freiburg.de/de/pdf_publicationen/Geschaeftsbericht_2021.pdf?m=1648478304& (Zugriff: 30. Juli 2022).
- ASUE [Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.] (2004): Sanierung und Modernisierung von Heizungsanlagen. http://asue.de/sites/default/files/asue/themen/energie_im_haus/2004/broschueren/09_05_04_heizungssanierung.pdf (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- Auf der Maur, Alex und Tim Trachsel (2022): Zielpfade Verkehr 2030 - Analyse von politischen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr. Transport & Environment Deutschland. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/10/Zielpfade-Verkehr-2030_19-02-2022.pdf (Zugriff: 13. Dezember 2022).

- AVV Klima (2022): *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung klimafreundlicher Leistungen*. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/A/allgemeine-verwaltungsvorschrift-zur-beschaffung-klimafreundlicher-leistungen-avv-klima.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- BbgAbfBodG (2016): *Brandenburgisches Abfall- und Bodenschutzgesetz*. https://bravors.brandenburg.de/gesetze/bbgabfbodg_2016#27.
- BbgVergG (2021): *Brandenburgisches Gesetz über Mindestanforderungen für die Vergabe von öffentlichen Aufträgen (Brandenburgisches Vergabegesetz)*. <https://bravors.brandenburg.de/gesetze/bbgvergg>.
- BBSR [Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung] (2021): *Neue Stadtquartiere – Konzepte und gebaute Realität*. BBSR-Online-Publikation. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-04-2021.html> (Zugriff: 20. Mai 2022).
- BCG [Boston Consulting Group] (2021): *Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft*. https://issuu.com/bdi-berlin/docs/211021_bdi_klimapfade_2.0_-_gesamtstudie_-_vorabve (Zugriff: 13. Juni 2022).
- BDEW [Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft] (2022): *10 Punkte für eine Beschleunigung der Biomethaneinspeisung*. <https://www.bdew.de/service/stellungnahmen/10-punkte-fuer-eine-beschleunigung-der-biomethaneinspeisung/> (Zugriff: 14. Juli 2022).
- Benndorf, Rosemarie, Maja Bernicke, Andreas Bertram, Wolfgang Butz, Folke Dettling, Johannes Drotleff, Cornelia Elsner, Eric Fee, Christopher Gabler, Christine Galander, et al. (2013): *Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050*. Hintergrundpapier. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Berger, Angelina, Hannes Bluhm, Ulrike Ehrenstein, Katharina Heinbach, Elisa Dunkelberg und Bernd Hirschl (2020): *Systematik im Power-to-X-Ansatz – Identifikation, Charakterisierung und Clustering der Power-to-X-Technologien*. *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 44, Nr. 3 (1. September): 177–193.
- Bergmann, Janis, Steven Salecki, Julika Weiß und Elisa Dunkelberg (2021): *Sozialverträgliche Wärmewende in Berlin. Kosten energetischer Gebäudesanierungen und Verteilung auf Mieter*innen und Vermieter*innen*. Berlin: IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Forschungsverbund Ecornet Berlin.
- Bernecker, Tobias, Fritz Kuch, Jonas Speiser, Jonas Heinzemann, Lothar Neumann, Robert Burg, Joachim Koch, Thomas Kocholl, Manuela Wohlhüter, Nicole Knorr, et al. (2020): *Güterverkehrskonzept Baden-Württemberg. Grundlagen und Empfehlungen*. Im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg. https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Datseiten/PDF/2020_07_09_GVK_Gesamtfassung_final.pdf (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Blanck, Ruth, Wiebke Zimmer, Moritz Mottschall, Katharina Göckeler, Friedhelm Keimeyer, Matthias Runkel, Johanna Kresin und Stefan Klinski (2021): *Mobilität in die Zukunft steuern: Gerecht, individuell und nachhaltig*. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben „Fiskalische Rahmenbedingungen für eine postfossile Mobilität“. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/2021-11-18_texte_85-2021_mobilitaet-zukunft-steuern.pdf (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- BLE [Bundesinformationszentrum Landwirtschaft] (2021): *Versorgungsbilanz Milch (Grafik) und Fleisch (Grafik)*. Website: <https://bzl-datenzentrum.de/versorgung> (Zugriff: 13. September 2022).
- Blehschmidt, Jan, Jan Reher, Carina Thaller, Gernot Liedtke, Stefanos Kotzagiorgis, Christian Jödden, Andreas Sauer und Martina Führer (2022): *Handlungsoptionen für eine ökologische Gestaltung der Transportmittelwahl im Güterfernverkehr*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_50-2022_handlungsoptionen_fuer_eine_oekologische_gestaltung_der_transportmittelwahl_im_gueterfernverkehr.pdf (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- Blum, Ludger (2017): *Technologiebericht 2.2a Dezentrale Kraftwerke (Brennstoffzellen)*. Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken: Wuppertal Institut, ISI, IZES. https://www.energieforschung.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/700159B396456741E0539A695E8641EB/current/document/2.2a_Dezentrale_Kraftwerke__Brennstoffzellen_.pdf (Zugriff: 8. Juni 2022).
- BMBF und BMEL [Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2020): *Nationale Bioökonomiestrategie*. Berlin. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/nationale-biooekonomiestrategie-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Zugriff: 21. Juli 2022).
- BMDV [Bundesministerium für Digitales und Verkehr] (2022a): *Masterplan Ladeinfrastruktur II der Bundesregierung*. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur-2.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- BMDV [Bundesministerium für Digitales und Verkehr] (2022b): *Einfach laden in der Kommune. Leitfaden zur Vergabe und Genehmigung von Ladeinfrastruktur für kommunale Akteure*. <https://www.now->

- [gmbh.de/wp-content/uploads/2022/06/Leitfaden_Einfach-laden-in-der-Kommune.pdf](https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/06/Leitfaden_Einfach-laden-in-der-Kommune.pdf) (Zugriff: 2. Juli 2022).
- BMDV [Bundesministerium für Digitales und Verkehr] (2022c): Volker Wissing: Bund erleichtert Finanzierung von ÖPNV-Projekten auf der Schiene. *bmdv.bund.de*. 1. Juli. Website: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/042-finanzierung-oepnv-projekte.html> (Zugriff: 2. Juli 2022).
- BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2014): Der Wald in Deutschland - Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/bundeswaldinventur3.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2019): Nutztierstrategie. Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Nutztierhaltungsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=11 (Zugriff: 15. Dezember 2022).
- BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2021): Ackerbaustrategie 2035. Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ackerbaustrategie2035.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (Zugriff: 15. Dezember 2022).
- BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2022): Deutschland, wie es isst - Der BMEL-Ernährungsreport 2022. München: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ernaehrungsreport-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- BMU, Hrsg. [Bundesumweltministerium] (2021): Klimaschutz in Zahlen - Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, Ausgabe 2021 (Juni): 68.
- BMUV, Hrsg. [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz] (2022): Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz: 70.
- BMVI [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur] (2019): Masterplan Binnenschifffahrt. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/WS/masterplan-binnenschifffahrt-de.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- BMVI [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur] (2021a): Kostenvergleich: Streckenelektrifizierungen versus Einsatz alternative Antriebe. Website: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-aktuell/kostenvergleich-streckenelektrifizierungen-versus-einsatz-alternative-antriebe.html> (Zugriff: 7. Juni 2022).
- BMVI [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur] (2021b): Richtlinie zur Förderung alternativer Antriebe von Bussen im Personenverkehr. <https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2021/09/103-richtlinie-foerderung.pdf> (Zugriff: 10. Juni 2022).
- BMVI [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur] (2021c): Richtlinie zur Förderung alternativer Antriebe im Schienenverkehr. <https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2021/06/Richtlinie-zur-Foerderung-alternativer-Antriebe-im-Schienenverkehr.pdf> (Zugriff: 10. Juni 2022).
- BMVI [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur] (2021d): PtL-Roadmap Nachhaltige strombasierte Kraftstoffe für den Luftverkehr in Deutschland. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/LF/ptl-roadmap.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2015): Energieeffizienzstrategie Gebäude. Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand. Berlin.
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. BMWi. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=20 (Zugriff: 31. August 2020).
- BMWK [Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz] (2022a): Arbeitsplan Energieeffizienz. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/20220517-arbeitsplan-energieeffizienz-energiesparen-fuer-mehr-unabhaengigkeit.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- BMWK [Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz] (2022b): Interessenbekundungsverfahren zur geplanten Förderung von projektbezogenen Klimaschutzverträgen. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/klimaschutzvertraege-bekanntmachung-des-interessenbekundungsverfahrens.pdf?__blob=publicationFile&v=10 (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- BMWK [Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz] (2022c): Eröffnungsbilanz Klimaschutz. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220111_eroeffnungsbilanz_klimaschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=22 (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- BMWK [Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz] (2022d): Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld - „Kommunalrichtlinie“ (KRL) - im Rahmen der Nationalen

- Klimaschutzinitiative (NKI) vom 22. November 2021 mit Änderung vom 18. Oktober 2022. www.klimaschutz.de.
- BMWK [Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz] (2022e): Eröffnungsbilanz Klimaschutz. 11. Januar. Website: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/01/20220111-habeck-legt-eroeffnungsbilanz-klimaschutz-vor.html> (Zugriff: 19. Januar 2022).
- BMWK [Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz] (2022f): Sanierungskonfigurator. 1. Februar. Website: <https://www.sanierungskonfigurator.de/start.php> (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- BMWK [Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz] (2022g): Überblickspapier: Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien und Erweiterung der Vorsorgemaßnahmen. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/U/ueberblickspapier-beschleunigung-des-ausbaus-erneuerbarer-energien-und-erweiterung-der-vorsorgemaassnahmen.pdf?__blob=publication-File&v=6 (Zugriff: 18. Juli 2022).
- BNetzA [Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen] (2020): Genehmigung des Szenariorahmens 2021-2035. https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/Szenariorahmen_2035_Genehmigung.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- BNetzA [Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen] (2021): Öffentlich zugängliche Ladepunkte nach Bundesland. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/E-Mobilitaet/ListeBundeslaender.xlsx;jsessionid=7EE7DB0A596A4FC11967E3D21E0BF732?__blob=publicationFile&v=8 (Zugriff: 24. November 2021).
- BNW, BUND, BWP, DEN, DNR, fbr, FVED, Germanwatch, VFF, WWF, et al. [Bundesverband nachhaltige Wirtschaft e.V.; Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.; Bundesverband Wärmepumpe, Deutscher Naturschutzring, Deutsches Energieberaternetzwerk, Fbr-Bundesverband für Betriebs- und Regenwasser e.V.; Fachverband Einblasdämmung e.V.; Germanwatch e.V.; Verband Fenster + Fassade, WWF Deutschland, Zvei e.V.] (2022): Gemeinsamer Aufruf an die Bundesregierung: "Energiesouveränität ist das Gebot der Stunde". Verbraucher-, Wirtschafts- und Umweltverbände fordern nationalen Gipfel für Energiesouveränität. https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Pressebereich/2022-018_Fuer-Energiesouveraetaet-gegen-Versorgungsluecken/Pr_2022-018_20220310_Erklaerung_Energiesourveraenitaet.pdf (Zugriff: 19. Juli 2022).
- Böhm, Christian, Penka Tsonkova, Thorsten Mohr, Christiane Schröder, Carmen Lorenz, Marcel Ludewig, Benedikt Bösel, Jörg Dommel, Nico Wagner und Thomas Domin (2020): Konzept zur Förderung von Agroforstflächen als Agrarumwelt- und Klimamaßnahme (AUKM) im Rahmen des Kulturlandschaftsprogramms (KULAP) des Landes Brandenburg. <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Konzept-Agroforst-AUKM.pdf> (Zugriff: 7. Dezember 2022).
- Bolte, Andreas, Christian Ammer, Peter Annighöfer, Jürgen Bauhus, Dirk Eisenhauer, Corinna Geissler, Bertram Leder, Ralph Petercord, Joachim Rock, Thomas Seifert, et al. (2021): Fakten zum Thema: Wälder und Klimaschutz 76 (26. Mai): 12–15.
- Böttcher, Hannes, Klaus Hennenberg und Christian Winger (2018): Waldvision Deutschland. Ökoinstitut e. V. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Waldvision-Methoden-und-Ergebnisse.pdf> (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Böttger, Diana, Holger Becker, Alexander Dreher, Helen Ganal, David Geiger, Norman Gerhardt, Yannic Harms, Carsten Pape, Maximilian Pfenning, Richard Schmitz, et al. (2021): Neues Strommarktdesign. Kassel, Freiburg, Berlin: Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Becker Büttner Held Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater PartGmbH, Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE). http://klimaneutrales-stromsystem.de/pdf/Strommarktdesignstudie_BEE_final_Stand_14_12_2021.pdf (Zugriff: 5. Januar 2023).
- Bracke, Ralf und Ernst Huenges (2022): Roadmap Tiefe Geothermie für Deutschland. <https://www.ieg.fraunhofer.de/content/dam/ieg/documents/Roadmap%20Tiefe%20Geothermie%20in%20Deutschland%20FhG%20HGF%2002022022.pdf> (Zugriff: 3. Februar 2022).
- Brand, Stephan und Daniel Römer (2022): Öffentliche Investitionsbedarfe zur Erreichung der Klimaneutralität in Deutschland. KfW Research Fokus Volkswirtschaft. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2022/Fokus-Nr.-395-Juli-2022-Oeffentliche-Investitionsbedarfe.pdf?kfwnl=Research.19-07-2022.1355390> (Zugriff: 22. Juli 2022).
- Brimstone Energy (2022): Carbon negative Portland Cement. *Brimstone*. Website: <https://www.brimstone.energy> (Zugriff: 30. Mai 2022).

- Brübach, Dieter, Svea Becke, Maike Boos, Tobias Evel, Lisa Klose, Jan Koch, Christoph Kohler und Hannah Sarrazin (2022): #MobilityPolicy. Leitfaden zur nachhaltigen Ausgestaltung von Mobilitätsrichtlinien in Unternehmen. Hamburg: B.A.U.M. e.V. <https://static1.squarespace.com/static/6061e2ccd87ebe0848dd80dd/t/62039260228de411d6a69800/1644401265375/Leitfaden+MobilityPolicy.pdf> (Zugriff: 2. Juli 2022).
- Brugger, Heike und Tim Mandel [Fraunhofer ISI, consentec, ifeu, TU Berlin Energie und Ressourcenmanagement] (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland-Modul GHD und Geräte. https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_Bericht_TN_Szenarien_Modul_GHD_und_Geraete_final.pdf (Zugriff: 23. Mai 2022).
- Bründlinger, Thomas, Julian Elizalde König, Oliver Frank, Dietmar Gründig, Christoph Jugel, Patrizia Kraft, Oliver Krieger, Stefan Mischinger, Philipp Dr. Prein, Hannes Seidl, et al. [Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena); ewi Energy Research & Scenarios gGmbH] (2018): dena-Leitstudie: Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050: Teil A und B. Berlin. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf (Zugriff: 1. Dezember 2022).
- BSBB [Bündnis Schiene Berlin-Brandenburg] (2021): Zielkonzept 2025/2030/2035. Ein Masterplan für den Ausbau des Schienenverkehrs in Berlin und Brandenburg. https://buendnis-schiene-bb.de/wp-content/uploads/2021/03/210228_Zielkonzept-BSBB_Langf-m-Anh-1-bis-5.pdf (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- BSR [Berliner Stadtreinigungsbetriebe] (2022): Unsere „grüne“ Fahrzeugflotte - sparsam, sauber, leise. <https://www.bsr.de/innovative-fahrzeugtechnik-22319.php> (Zugriff: 30. Juli 2022).
- Bundesregierung (2022a): *Deutscher Bundestag Drucksache 20/1630 Gesetzentwurf der Bundesregierung Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor*. <https://dserver.bundestag.de/btd/20/016/2001630.pdf>.
- Bundesregierung (2022b): Riemser Erklärung. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/2051864/6e29ea188771b7a0c323ae115ac8537d/2022-06-13-riemser-erklaerung-data.pdf?download=1> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Bundesverband des Schornstiefegerhandwerks (2019): Erhebungen des Schornstiefegerhandwerks. <https://www.schornstiefeger.de/erhebungen-2019-2020-06-02.pdf> (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Bundesverband Geothermie e.V. (2021): Bundesverbandes Geothermie e.V. Stellungnahme zum Referentenentwurf für ein Gesetz zur Sicherung des Kohleausstiegs im Bergrecht und andere berg- und wasserrechtliche Änderungen zur Dekarbonisierung. 12. Januar. Website: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Stellungnahmen/Stellungnahmen-BBergG/bvg.html> (Zugriff: 27. Juni 2022).
- Burchardt, Jens, Katharina Franke, Patrick Herhold, Maria Hohaus, Henri Humpert, Joonas Päiväranta, Elisabeth Richenhagen, Daniel Ritter, Stefan Schönberger, Jonas Schröder, et al. [Boston Consulting Group, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.] (2021): Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. BDI. <https://bdi.eu/themenfelder/energie-und-klima/klimapfade/> (Zugriff: 26. Oktober 2021).
- Bürger, Veit, Tilman Hesse, Andreas Palzer, Benjamin Köhler, Sebastian Herkel und Peter Engelmann [Öko-Institut e. V.; Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme] (2017): Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Climate Change. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-11-06_climate-change_26-2017_klimaneutraler-gebaeudebestand-ii.pdf (Zugriff: 17. November 2020).
- BVerfG [Bundesverfassungsgericht] (2021a): Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021. http://www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html (Zugriff: 22. Februar 2022).
- BVerfG [Bundesverfassungsgericht] (2021b): Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich. 29. April. Website: <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html> (Zugriff: 13. Juli 2021).
- BVerfG [Bundesverfassungsgericht] (2021c): Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich - Pressemitteilung Nr. 31/2021 vom 29. April 2021. 29. April. Website: <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html> (Zugriff: 10. Mai 2021).
- C1 [C1 Green Chemicals AG] (2022): C1 Green Chemicals AG. Website: <https://www.carbon.one/> (Zugriff: 31. Mai 2022).
- carbonauten (2022): minus CO2 factory. *carbonauten - the minus CO2 factory*. Website: <https://carbonauten.com> (Zugriff: 31. Mai 2022).
- CCI [CCI dialog GmbH] (2021): BSRIA-Analyse: Kältemitteltrends 2020 bei Raumklima- und Wärmepumpentechnik.

- CEMEX [CEMEX Deutschland AG] (2022): Concrete Chemicals. *Concrete Chemicals*. Website: <https://www.concrete-chemicals.eu/project?lang=de> (Zugriff: 30. Mai 2022).
- Cischinsky, Holger und Nikolaus Diefenbach [Institut Wohnen und Umwelt] (2018): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsra-ten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Darmstadt. https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Endbericht_Datenerhebung_Wohngeb%C3%A4udebe-stand_2016.pdf (Zugriff: 30. November 2019).
- Conversio (2020): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019. <https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/kurzfassung-stoffstrombild-kunststoffe-2019.pdf> (Zugriff: 18. November 2022).
- Couwenberg, John, Jürgen Augustin, Dierk Michaelis, Wendelin Wichtmann und Hans Joosten (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz.
- CsgG (2017): *Gesetz zur Bevorrechtigung des Carsharing*. https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzei-ger_BGBI&start=/*%5b@attr_id=%27bgbl117s2230.pdf%27%5d#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl117s2230.pdf%27%5D__1654877922439.
- Dehoust, Günter, Dr. Doris Schüler, Regine Vogt und Jürgen Giegrich (2010): Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft. Berlin: Öko-Institut e.V., IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3907.pdf> (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- dena [Deutsche Energie-Agentur GmbH] (2015): Leitfaden Energieausweis. Teil 3 – Energieverbrauchs-ausweise für Wohn- und Nichtwohngebäude. Berlin. https://effizienzgebaeude.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/2057_Leitfaden_Energieausweis_Teil_3_-_Energieverbrauchs-ausweise._Download.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- dena [Deutsche Energie-Agentur GmbH] (2017): Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Res-sourcenschutzpolitik 2050 im Gebäudesektor. Gebäudestudie. Berlin. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9220_Gebaeudestudie_Szenarien_Klima-_und_Ressourcenschutzpoli-tik_2050.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- dena [Deutsche Energie-Agentur] (2020): dena-Analyse: Klimaneutralität – ein Konzept mit weitreichenden Implikationen. Honegger, M.; Schäfer, S.; Poralla, P.; Michaelowa, A.; Perspectives Climate Rese-arch gGmbH. Freiburg i. B.
- dena [Deutsche Energie-Agentur GmbH] (2021a): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Berlin. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht_dena-Leitstu-die_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- dena [Deutsche Energie-Agentur GmbH] (2021b): Klimaneutralität 2045 - Transformation des Gebäudesek-tors. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Landingpages/Leitstudie_II/Gutach-ten/211005_DLS_Gutachten_ITG_FIW_final.pdf (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2018): Baufertigstellungen von Wohnungen im Jahr 2017: + 2,6 % ge-genüber Vorjahr. Pressemitteilung Nr. 183 vom 24. Mai 2018. https://www.desta-tis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2018/05/PD18_183_31121.html (Zugriff: 16. Februar 2022).
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2019): Bevölkerungsentwicklung in den Bundesländern bis 2060 - Er-gebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. <https://www.statistik-berlin-bran-denburger.de/grundlagen/bevoelkerungsprognose.asp?Ptyp=260&Sageb=12000&creg=BBB&an-zwer=5> (Zugriff: 18. August 2020).
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2020): Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flä-chen).
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2021a): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder (VGRdL). <https://www.statistikportal.de/de/vgrdl/ergebnisse-laenderebene/bruttoinlandsprodukt-bruttowert-schoepfung#alle-ergebnisse> (Zugriff: 24. September 2020).
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2021b): Grenzüberschreitende Verbringung von Abfällen aus Deutsch-land im Notifizierungsverfahren nach Ländern und Jahren - Mengen in 1 000 t. 17. November. Website: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabel-len/gv-grenzueberschreitung-export-laender-jahre.html> (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Deutscher Bundestag (2013): Regelungskompetenz der Kommunen für die Einführung einer City-Maut. Deutscher Bundestag - Wissenschaftliche Dienste. <https://www.bundestag.de/re-source/blob/421430/df8b8d96571fa4077fbf4d97946331eb/wd-3-140-13-pdf-data.pdf> (Zugriff: 6. Juni 2022).
- Deutscher Bundestag (2020): Schriftliche Fragen mit den in der Woche vom 13. Juli 2020 eingegangenen Antworten der Bundesregierung. 19. Wahlperiode. <https://dserv.bundes-tag.de/btd/19/211/1921117.pdf> (Zugriff: 13. Dezember 2022).

- Deutscher Bundestag (2022): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion der CDU/CSU – Drucksache 20/1637 –. Deutscher Bundestag. <https://dserver.bundestag.de/btd/20/019/2001936.pdf> (Zugriff: 13. Juni 2022).
- Diefenbach, Nikolaus, Britta Stein, Tobias Loga, Markus Rodenfels und Karin Jahn [KfW Bankengruppe] (2018): Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ 2017. Bremen, Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt; Frauenhofer IFAM. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-alle-Evaluationen/Monitoring-der-KfW-Programme-EBS-2017.pdf> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Difu [Deutsches Institut für Urbanistik] (2021): Klimafreundliche Mobilität für Stadt und Land. <https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/581620/1/ImpulspapierMobilitaet.pdf> (Zugriff: 6. Juni 2022).
- DIHK [Deutscher Industrie- und Handelskammertag] (2021): Fachkräfteengpässe schon über Vorkrisenniveau. DIHK-Report Fachkräfte 2021. Berlin. <https://www.dihk.de/resource/blob/61638/9bde58258a88d4fce8cda7e2ef300b9c/dihk-report-fachkraeftesicherung-2021-data.pdf> (Zugriff: 7. Juli 2022).
- Dittrich, Monika, Frank Dünnebeil, Susanne Köppen, Dr. Amany von Oehsen, Regine Vogt, Dr. Kirsten Biemann, Horst Fehrenbach, Birte Ewers, Sonja Limberger, Norman Gerhardt, et al. (2020): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenLife. CLIMATE CHANGE 04/2020. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_04-2020_endbericht_greenlife.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Doms, Magnus (2022): Ein erneuerbares Energiesystem für Deutschland ohne Atomkraft. Studienvergleich zum Erreichen der Klimaneutralität bis 2045. https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/4731.AEE_Metaanalyse_Juni22_n.pdf (Zugriff: 18. Juli 2022).
- Don, Axel, Heinz Flessa, Kirstin Marx, Christopher Poeplau, Bärbel Tiemeyer und Bernhard Osterburg (2018): Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“: Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland. Working Paper. Thünen Working Paper. <https://www.econstor.eu/handle/10419/190754> (Zugriff: 3. Juni 2022).
- dpa [Deutsche Handwerks Zeitung] (2022): Sechsstellige Zahl von Handwerkern gesucht. <https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/impressum/> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Drees, Tim, Thomas Dederichs, Mario Meinecke und Astrid Dolak (2022): Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045, Version 2023. Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH. https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/Szenariorahmenentwurf_NEP2037_2023.pdf (Zugriff: 18. Juli 2022).
- Dunkelberg, Elisa, Swantje Gähns, Julika Weiß und Steven Salecki (2018): Wirtschaftlichkeit von Mehrleiter-Wärmenetzen. Ökonomische Bewertung von Mehrleiter- Wärmenetzen zur Nutzung von Niedertemperaturwärme. Schriftenreihe des IÖW 196/10. Berlin: Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung.
- Dunkelberg, Elisa und Julika Weiß (2015): Energetischer Zustand von Wohngebäuden in zwei Regionen mit unterschiedlicher Wachstumsdynamik. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). https://www.gebaeude-energiewende.de/data/gebEner/user_upload/Dateien/GEW_Arbeitspapier_3_Wohngeb%C3%A4udebestand.pdf (Zugriff: 22. Juli 2021).
- Dunkelberg, Elisa, Julika Weiß, Christian Maaß, Paula Möhring und Alice Sakhel (2021): Entwicklung einer Wärmestrategie für das Land Berlin. Studie im Auftrag des Landes Berlin, vertreten durch die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz; Berlin. https://www.ioew.de/publikation/entwicklung_einer_waermestrategie_fuer_das_land_berlin (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- EC [Europäische Kommission] (2021): Vorschlag für eine Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/841 hinsichtlich des Geltungsbereichs, der Vereinfachung der Compliance-Vorschriften, der Festlegung der Zielwerte der Mitgliedstaaten für 2030 und der Verpflichtung, bis 2035 gemeinsam Klimaneutralität im Sektor Landnutzung, Forstwirtschaft und Landwirtschaft zu erreichen, und zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/1999 hinsichtlich der Verbesserung der Überwachung, der Berichterstattung, der Verfolgung der Fortschritte und der Überprüfung. 14. Juli.
- EC [Europäische Kommission] (2022a): Fluorinated Greenhouse Gases. Website: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/fluorinated-greenhouse-gases_de (Zugriff: 25. Mai 2022).
- EC [Europäische Kommission] (2022b): REPowerEU Plan. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483> (Zugriff: 13. Dezember 2022).

- Egenolf-Jonkmanns, Bärbel, Christoph Glasner, Ulrich Seifert, Malte Küper, Thilo Schaefer, Frank Merten, Alexander Scholz und Ansgar Taubitz [Ergebnis der Themenfelder 1 (Technologien und Infrastrukturen) und 4 (Rahmenbedingungen und Geschäftsmodelle) des Forschungsprojektes SC14climate.NRW, Köln] (2021): Bewertung der Realisierbarkeit von Wasserstoffimporten gemäß den Zielvorgaben der Nationalen Wasserstoffstrategie bis zum Jahr 2030. Gelsenkirchen. <https://www.iwkoeln.de/presse/pressemitteilungen/malte-kueper-thilo-schaefer-bundesregierung-verschaetzt-sich-bei-importen-bis-2030.html> (Zugriff: 19. November 2021).
- Egerer, Jonas, Veronika Grimm, Lukas M. Lang und Ulrike Pfefferer (2022): Kohleausstieg 2030 unter neuen Vorzeichen. Kurzstudie. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). https://wirtschaftstheorie.cms.rze.uni-erlangen.de/files/2022/07/Kurzstudie_Kohleausstieg_2030_unter_neuen_Vorzeichen.pdf (Zugriff: 19. Juli 2022).
- Eibisch, Nina, Mirjam Helfrich, Axel Don, Robert Mikutta, Andrea Kruse, Ruth Ellerbrock und Heinz Flessa (2013): Properties and Degradability of Hydrothermal Carbonization Products. *Journal of Environmental Quality* 42, Nr. 5: 1565–1573.
- Eichhammer, Wolfgang, Stella Oberle, Michael Händel, Inga Boie, Till Gnann, Martin Wietschel und Benjamin Lux [Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI] (2019): Study on the opportunities of „Power-to-X“ in Morocco. 10 Hypotheses for discussion. Karlsruhe: Fraunhofer ISE. https://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-5653338.pdf (Zugriff: 4. März 2022).
- EmoG (2015): *Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge (Elektromobilitätsgesetz)*. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/emog-gesetz.pdf?__blob=publicationFile.
- en2x [Wirtschaftsverband Fuels und Energie e. V.] (2022): Raffinerien und Produktion. Website: <https://en2x.de/positionen/raffinerien-und-produktion/> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Enssle, Johannes (2010): Ist ungenutzter Wald schlecht für's Klima? NABU Hintergrund – Die unterschätzte Senkenleistung von Naturwäldern. Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V.
- ERK [Expertenrat für Klimafragen] (2022): Prüfbericht zur Berechnung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2021. Prüfung und Bewertung der Emissionsdaten gemäß § 12 Abs. 1 Bundes-Klimaschutzgesetz. https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2022/04/2022-04-13_ERK_Pruefbericht-Emissionsdaten-2021.pdf (Zugriff: 24. Juli 2022).
- Ermes, Bernd, Janina Belz, Thorsten Brand, Johannes Eggs, Robert Follmer, Dana Gruschwitz, Jette Kellerhoff, Tim Pirsig, Martina Roggendorf und Marion Schwehr (2020): Mobilität in Deutschland - MiD, Regionalbericht Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg. Studie von infras, DLR, IVT und infras 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15) Bonn, Berlin. https://mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/20200703_MiD2017_infas_Berlin-Brandenburg_Regionalbericht_MiD5431_20200629_final.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- EWG Bln (2016): *Berliner Klimaschutz- und Energiewendegesetz*. <https://gesetze.berlin.de/bsbe/document/jlr-EWendGBEV2IVZ>.
- Exytron (2020): Speicherung von Strom - erneuerbare Energie - regeneratives Erdgas. *Unternehmen - E-XYTRON GmbH*. <https://exytron.online/smartenergytechnology/> (Zugriff: 8. Dezember 2020).
- Falkenberg, Hanno, Jens Hobohm, Sebastian Lübbers, Fabian Malik, Stefan Mellahn und Ravi Srikandam (2021): Gutachten zur Energiestrategie Brandenburg 2040 – Aktualisierung und Weiterentwicklung der Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg. Endbericht. Berlin: Prognos AG. https://mwae.brandenburg.de/media/bb1.a.3814.de/Prognos-Gutachten_Fortschreibung_Energiestrategie%20Bbg_2040.pdf (Zugriff: 15. September 2021).
- FGSV [Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen] (2021): *Hinweise zu Maßnahmen für eine Verkehrswende im Güterverkehr: H VwG*. Ausgabe 2021. FGSV W 1 171. Köln: FGSV, Der Verlag.
- Fiedler, Swantje und Ann-Cathrin Beermann [Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft] (2020): EU Grenzausgleich für den CO₂-Preis – Chance für Klimaschutz und Wettbewerb. Policy Brief zum Grenzausgleich (10/2020). https://foes.de/publikationen/2020/2020-10_FOES_Grenzausgleich_Policy_Brief.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Fleiter, Tobias, Matthias Rehfeldt, Pia Manz, Marius Neuwirth und Andrea Herbst [Fraunhofer ISI, consen-tec, ifeu, TU Berlin Energie und Ressourcenmanagement] (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland- Modul Industrie. https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/Modul_TN_Hauptszenarien_Industrie.pdf (Zugriff: 25. Mai 2022).
- Fleiter, Tobias, Barbara Schломann und Wolfgang Eichhammer [Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI] (2013): Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente. https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2013/Umweltforschungsplan_FKZ-370946130.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).

- Flessa, Heinz, Axel Don, Anna Jacobs, René Dechow, Bärbel Tiemeyer und Christopher Poeplau (2019): Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands. Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- FNR [Fachagentur nachwachsende Rohstoffe] (o. J.): Das nachwachsende Büro. *Produktdatenbank Büroausstattung*. Website: <https://www.das-nachwachsende-buero.de/produktdatenbank/> (Zugriff: 22. Juli 2022).
- FÖS [Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft] (2021): Zehn klimaschädliche Subventionen sozial gerecht abbauen – ein Zeitplan. https://www.greenpeace.de/publikationen/studie_klimaschaedliche_subventionen_sozial_gerecht_abbauen_feb_2021.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Fraunhofer ISI [Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung] (2022): Langfristszenarien. Website: <https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/index.php> (Zugriff: 11. Januar 2022).
- Frey, Kilian, Andreas Burger, Katrin Dziekan, Christiane Bunge und Benjaming Lünenbürger (2020): Verkehrswende für alle. So erreichen wir eine sozial gerechtere und umweltverträglichere Mobilität. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2020_pp_verkehrswende_fuer_alle_bf_02.pdf (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Gähns, Swantje, Hannes Bluhm, Elisa Dunkelberg, Jannes Katner, Julika Weiß, Peter Hennig, Laurenz Herrmann und Matthias Knauff (2021): Potenziale der Digitalisierung für die Minderung von Treibhausgasemissionen im Energiebereich. *Climate Change* 74/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_74-2021_potenziale_der_digitalisierung_fuer_die_minderung_von_treibhausgasemissionen_im_energiebereich.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Gattinger, Andreas und Martin Wiesmeier (2022): Humusmanagement für eine klimaresiliente Landwirtschaft.
- Gerbert, Patrick, Patrick Herhold, Jens Burchardt, Stefan Schönberger, Florian Rechenmacher, Almut Kirchner, Andreas Kemmler und Marco Wunsch [The Boston Consulting Group (BCG); Prognos AG] (2018): Klimapfade für Deutschland. Basel, Berlin, Hamburg, München: Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI). <https://web-assets.bcg.com/e3/06/1c25c60944a09983526ff173c969/klimapfade-fuer-deutschland.pdf> (Zugriff: 17. November 2020).
- GermanZero e.V. (2020): Der 1,5-Grad-Klimaplan für Deutschland: Gemeinsamer Aufbruch gegen die Klimakrise. Hamburg. https://assets.website-files.com/5e663c02af4002dcdcab78dc/5ece7812eb97a0be582bad67_Der%201%2C5-Grad-Klimaplan%20f%C3%BCr%20Deutschland.pdf (Zugriff: 26. November 2020).
- GermanZero e.V. (2022): 1,5-Grad-Gesetzespaket. Maßnahmenkatalog mit Gesetzesentwürfen. https://germanzero.de/media/pages/assets/cb46b6a90c-1648464331/1.5-grad-gesetzespaket_germanzero_02_2022.pdf (Zugriff: 2. Juni 2022).
- Gierkink, Max, Johannes Wagner, Fabian Arnold, Berit Czock, Nils Namockel und Philipp Theile (2021): EWI-Analyse: Das bedeutet der Koalitionsvertrag für den Stromsektor. <https://www.ewi.uni-koeln.de/de/aktuelles/ewi-analyse-das-bedeutet-der-koalitionsvertrag-fuer-den-stromsektor/> (Zugriff: 15. Juni 2022).
- Giesel, Flemming und Claudia Nobis (2016): The Impact of Carsharing on Car Ownership in German Cities. *Transportation Research Procedia* 19: 215–224.
- GL BBB [Gemeinsame Landesplanung Berlin-Brandenburg] (o. J.): Landesentwicklungsplan Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg (LEP HR). <https://gl.berlin-brandenburg.de/landesplanung/landesentwicklungsplaene/lep-hr/> (Zugriff: 15. September 2021).
- Glahr, Marie-Luise und Heidy Bachmann [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz] (2020): Brandenburger Leitfaden für die Einführung von Mehrwegbecher-Pfandsystemen. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz. <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Leitfaden-Mehrwegbecher-Pfandsystem.pdf> (Zugriff: 20. November 2022).
- Glavak, Sunčana (2022): Bericht über den Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG in Bezug auf den Beitrag der Luftfahrt zum gesamtwirtschaftlichen Emissionsreduktionsziel der Union und die angemessene Umsetzung eines globalen marktbasierenden Mechanismus | A9-0155/2022 | Europäisches Parlament. <https://www.europarl.europa.eu/portal/de>. Website: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2022-0155_DE.html (Zugriff: 1. November 2022).
- Graforce GmbH (2020): Wasserstoff – der Schlüssel zur CO₂-neutralen Wirtschaft. Berlin. <https://www.graforce.com/> (Zugriff: 11. Juli 2022).
- Grethe, Harald, José Martinez, Bernhard Osterburg, Friedhelm Taube und Ferike Thom (2021): Klimaschutz im Agrar- und Ernährungssystem Deutschlands: Die drei zentralen Handlungsfelder auf dem Weg zur Klimaneutralität: 110.

- Gronwald, Marco, Cora Vos, Mirjam Helfrich und Axel Don (2016): Stability of pyrochar and hydrochar in agricultural soil - a new field incubation method. *Geoderma* 284 (15. Dezember): 85–92.
- Grünberg, Julia, Hiltrud Nieberg und Thomas Schmidt (2010): Treibhausgasbilanzierung von Lebensmitteln (Carbon Footprints): Überblick und kritische Reflektion: 21.
- Güntheroth, Horst (2022): Leichter, fester, Langlebiger. https://shop.pm-magazin.de/de_DE/einzelhefte/einzelausgaben/p.m.-03-2022/2063407.html (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Hammermann, Andrea und Michael Voigtländer (2020): Bürobeschäftigte in Deutschland (Regionalanalyse). *IW Trends*, Nr. 3. <https://doi.org/10.2373/1864-810X.20-03-04> (Zugriff: 5. Juni 2022).
- Hanke, Jens (2020): Zusammenstellung von Unterlagen der Graforce zur Plasmalyse für die BLS-Energieplan, unveröffentlicht. 7. Dezember.
- Harthan, Ralph, Julia Repenning, Ruth Blanck, Hannes Böttcher, Veit Bürger, Lukas Emele, Wolf Kristian Görz, Klaus Hennenberg, Wolfram Jörß, Sylvie Ludig, et al. [Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISI; Thünen-Institut] (2020): Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung - Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenerarien IX‘)“. Teilbericht. Climate Change. Berlin: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/abschaetzung_treibhausgasminderungswirkung_klimaschutzprogramms2030_der_bundesregierung_final.pdf (Zugriff: 17. November 2020).
- Haß, Marlen, Martin Banse, Claus Deblitz, Florian Freund, Inna Geibel, Alexander Gocht, Peter Kreins, Verena Laquai, Frank Offermann, Bernhard Osterburg, et al. (2020): Thünen-Baseline 2020 – 2030: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Braunschweig: Thünen-Institut.
- Hauenstein, Christian, Karlo Hainsch, Philipp Herpich, Christian von Hirschhausen, Franziska Holz, Claudia Kemfert, Mario Kendziorski, Pao-Yu Oei und Catharina Rieve (2022): Stromversorgung auch ohne russische Energielieferungen und trotz Atomausstiegs sicher – Kohleausstieg 2030 bleibt machbar. DIW aktuell. https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.839634.de/diw_aktuell_84.pdf (Zugriff: 19. Juli 2022).
- Hennenberg, Klaus (2022): RED III-Methodik: In der Treibhausgasbilanz für Energieholz fehlt ein wichtiger Aspekt der IPCC-Regeln. *Öko-Institut e.V.: Blog*. 1. August. <https://blog.oeko.de/red-iii-methodik-in-der-treibhausgasbilanz-fuer-energieholz-fehlt-ein-wichtiger-aspekt-der-ipcc-regeln/> (Zugriff: 2. November 2022).
- Henning, Hans-Martin, Julian Brandes, Markus Haun, Charlotte Senkpiel, Christoph Kost und Andreas Bett [Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)] (2020): Studie: »Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem-Update«. 15. Dezember. Website: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html> (Zugriff: 6. Januar 2021).
- Hertel, Martina und Robert Sedlak (2019): Parkraummanagement lohnt sich – Leitfaden für Kommunikation und Verwaltungspraxis. Agora Energiewende. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Parkraummanagement/Parkraummanagemet-lohnt-sich_Agora-Verkehrswende_web.pdf (Zugriff: 2. Juli 2022).
- Hessenmöller, Dominik, Ernst-Detlef Schulze und Manfred Großmann (2008): Bestandesentwicklung und Kohlenstoffspeicherung des Naturwaldes „Schönstedter Holz“ im Nationalpark Hainich. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 179 Auflage.
- Hirschl, Bernd (2013): Fair Fuels? Biokraftstoffe zwischen Sackgasse und Energiewende. Workshop. Veranstaltung: 10. BMBF-Forum für Nachhaltigkeit, 9. September, Leipzig. https://www.ioew.de/fileadmin/_migrated/tx_ukioewdb/Hirschl_Bernd_Fair_Fuels.pdf (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- Hirschl, Bernd, Fritz Reusswig, Julika Weiß, Lars Bölling, Mark Bost, Ursula Flecken, Leilah Haag, Philipp Heiduk, Patrick Klemm, Christoph Lange, et al. (2015): Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK). Endbericht im Auftrag des Landes Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2016/Hirschl_Bernd_Entwurf_f%C3%BCr_ein_Berliner_Energie-_und_Klimaschutzprogramm__BEK_-Endbericht.pdf (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Hirschl, Bernd, Uwe Schwarz, Julika Weiß, Raoul Hirschberg und Lukas Torliene [Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH, BLS Energieplan GmbH, LUP Luftbild Umwelt Planung GmbH, Reiner Lemoine Institut gGmbH, IFOK GmbH] (2021): Berlin Paris-konform machen: Eine Aktualisierung der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“ mit Blick auf die Anforderungen aus dem UN-Abkommen von Paris.
- Hirschl, Bernd, Lukas Torliene, Uwe Schwarz, Elisa Dunkelberg, Julika Weiß, Clara Lenk, Raoul Hirschberg, Anne Schalling, Georg Weyer, Kathrin Wagner, et al. (2022): Zwischenbericht zum Gutach-

- ten für den Klimaplan Brandenburg - Erarbeitung einer Klimaschutzstrategie für das Land Brandenburg. Berlin, Potsdam, Senftenberg. https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/ZwBericht-Gutachten-KlimaplanBB_finale%20Fassung.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Hirzel, Simon, Benjamin Sontag und Clemens Rohde [Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI] (2013): Industrielle Abwärmenutzung. https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2013/Kurzstudie_Abwaermenutzung.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Holm, Andreas, Bernd Oschatz und Nils Thamling (2020): Analyse von spezifischen Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien. Betrachtungen zur Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und weiterer Dekarbonisierungsoptionen mit Blick auf die CO₂-Vermeidungskosten. Gräfeling, Dresden, Berlin.
- Hübner, Gundula, Johannes Pohl, Jan Warode, Boris Gotchev, Dörte Ohlhorst, Michael Krug, Steven Salecki und Wolfgang Peters (2020): Akzeptanzfördernde Faktoren Erneuerbarer Energien. *BfN Skripten Nr. 551*. <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript551.pdf> (Zugriff: 5. Mai 2020).
- Huckestein, Burkhard [Umweltbundesamt] (2020): Der Weg zur treibhausgasneutralen Verwaltung. Etappen und Hilfestellungen. UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/der-weg-zur-treibhausgasneutralen-verwaltung> (Zugriff: 9. Juni 2022).
- Hydrogeit (2021): Havelstoff – Wasserstoff aus dem Havelland. *HZwei*. 1. Dezember. <https://www.hzwei.info/blog/2021/12/01/havelstoff-wasserstoff-aus-dem-havelland/> (Zugriff: 21. Juni 2022).
- ifeu, Fraunhofer IEE, und Consentec [Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH; Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik; Consentec GmbH] (2018): Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/Heat_System_Benefit/143_Heat_System_benefits_WEB.pdf (Zugriff: 22. Februar 2021).
- IG Metall, BVM, TSD, ZVSHK, und ZVEH [Industriegewerkschaft Metall, Bundesverband Metall, Technische Service- und Dienstleistungsagentur, Zentralverband Sanität Heizung Klima, Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke] (2022): Erfolgreiche Klimawende braucht leistungsfähiges Handwerk. <https://www.zveh.de/news/detailansicht/erfolgreiche-klimawende-braucht-leistungsaehiges-handwerk.html> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- IKND [Initiative Klimaneutrales Deutschland] (2022): Energetische Sanierung: ein unsichtbarer Schatz. https://initiative-klimaneutral.de/fileadmin/iknd_content/Publikationen/2207_IKND_Factsheet_Umfrage_EZFH_korrigierte_BU.pdf (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2006): Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4 - Agriculture, forestry and other land use. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf. (Zugriff: 17. August 2020).
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2022): Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change - Summary for Policymakers - Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report (AR6).
- IR [Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.] (2020): Was ist PIR und was PCR? <https://newsroom.kunststoffverpackungen.de/2021/07/05/was-ist-pir-und-was-pcr/> (Zugriff: 29. Juli 2022).
- IW [Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.] (2021): Faktencheck Güteverkehr in Deutschland - Von der fehlenden Infrastruktur zum Verlagerungspotenzial. https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2022/Broschüre-Pro_Mobilität_Faktencheck_2021.pdf (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- IWU [Institut Wohnen und Umwelt] (2021): Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Website: <https://www.datanwg.de/home/aktuelles/> (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Jain, Taru, Geoffrey Rose und Marilyn Johnson (2022): Changes in private car ownership associated with car sharing: gauging differences by residential location and car share typology. *Transportation* 49, Nr. 2 (April): 503–527.
- Jänicke, Martin (2017): The Multi-level System of Global Climate Governance - the Model and its Current State: The Multi-level System of Global Climate Governance. *Environmental Policy and Governance* 27, Nr. 2 (März): 108–121.

- Jansen, Theo, Jana Mäker, Iris Mühlenbruch, Chantal Wimbert, Christian Wissmann und Lutz Woellert (2020): Kommunales Mobilitätsmanagement als Change-Management-Prozess. Handbuch des Zukunftsnetz Mobilität NRW. <https://www.zukunftsnetz-mobilitaet.nrw.de/media/2022/5/16/9392899e384b3506e48d582adb269b37/znm-handbuch-komm.pdf> (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Janzig, Bernward (2022): Die große Personalbremse. *neue energie*, Nr. 06/2022: 46–51.
- Jetter, Fabian, Frank Veitengruber, Tobias Schmid, Andrej Guminski, Serafin von Roon, Tobias Hübner, Konstantin Staschus, Philipp Creuzburg und Tobias Sach [Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH; Guidhouse Germany GmbH] (2021): Regionale Lastmanagementpotentiale - Quantifizierung bestehender und zukünftiger Lastmanagementpotentiale in Deutschland. <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/signifikante-lastmanagementpotenziale-in-deutschland-bis-2045/> (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Joas, Fabian, Wido Witecka, Thorsten Lenck, Frank Peter, Fiona Seiler, Sascha Samadi, Clemens Schneider, Georg Holtz, Georg Kobiela, Stefan Lechtenböhrer, et al. [Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Agora Energiewende] (2019): Klimaneutrale Industrie - Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement. Berlin. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Dekarbonisierung_Industrie/164_A-EW_Klimaneutrale-Industrie_Studie_WEB.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Jungehülsing, Julica, dpa, und AFP (2022): Verbrennerverbot: EU-Länder einigen sich auf emissionsfreie Neuwagen ab 2035. *Die Zeit*. 29. Juni. Website: <https://www.zeit.de/politik/ausland/2022-06/eu-staaten-neuwagen-in-eu-sollen-ab-2035-emissionsfrei-sein> (Zugriff: 18. Juli 2022).
- Kagermann, Henning (2021): Die Zukunft der Mobilität ganzheitlich gestalten. In: *CSR und Digitalisierung*, hg. v. Alexandra Hildebrandt und Werner Landhäußer, S. 291–302. Management-Reihe Corporate Social Responsibility. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- KBA [Kraftfahrt-Bundesamt] (2022): Fahrzeugzulassungen (FZ) - Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter - FZ 15. Flensburg. https://www.kba.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ15/fz15_2022.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- KEI [Kompetenzzentrum Klimaschutz in der energieintensiven Industrie] (2022): Startseite KEI. Website: <https://www.klimaschutz-industrie.de/> (Zugriff: 16. Juni 2022).
- Kemmler, Andreas, Aurel Wünsch und Heiko Burret [Prognos AG; Fraunhofer ISI; Öko-Institut e.V.] (2021): Entwicklung des Bruttostromverbrauchs bis 2030. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/prognos-bruttostromverbrauch-2018-2030.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- KfW [Kreditanstalt für Wiederaufbau] (2021): Förderreport KfW Bankengruppe. https://www.kfw.de/Presse-Newsroom/Pressematerial/F%C3%B6rderreport/KfW-F%C3%B6rderreport_2021.pdf (Zugriff: 16. Februar 2022).
- Klepper, Gernot, Daniela Thr??n, Konvent f??r Technikwissenschaften der Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, und Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2019): *Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik: Potenziale - Technologien - Zielkonflikte*.
- KlimakostenV (2022): *Verordnung über die Berechnung von Klimaschadenskosten*. <https://gesetze.berlin.de/bsbe/document/jlr-KlimaKostVBERahmen>.
- Kobiela, Georg, Sascha Samadi, Jenny Kurwan, Annika Tönjes, Manfred Fishedick, Thorsten Koska, Stefan Lechtenböhrer, Steven März und Dietmar Schüwer [Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie] (2020): CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze. Wuppertal. <https://fridaysforfuture.de> (Zugriff: 9. November 2020).
- Koster, Bettina und Jasmin Hufschmid (2022): Klimaschutz beim Rindvieh - Resultate aus dem Projekt Klimaschutz in der Rindviehwirtschaft. Lindau: AGRIDEA.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2021): Fahrzeugzulassungen (FZ) - Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen - FZ 27. Flensburg. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Viertelj%C3%A4hrlicher_Bestand/viertelj%C3%A4hrlicher_bestand_node.html (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- KSG (2019): *Gesetz zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften, vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513)*. https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl119s2513.pdf#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl119s2513.pdf%27%5D__1636226796540.

- KSG (2021): *Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist.* <http://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html>.
- LAGetSi [Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit Berlin] (2021): Das Genehmigungsverfahren gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). 4. März. Website: <https://www.berlin.de/lagetsi/technik/anlagen/immissionsschutz/artikel.336488.php> (Zugriff: 16. Juni 2022).
- Land Brandenburg (2021): Haushalt Brandenburg. https://mdfe.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/MaschinenlesbarerHaushalt_2021.xlsx (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Land Brandenburg (2022): Haushalt Brandenburg. Band XI. Einzelplan 11. Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung.
- Landesregierung Brandenburg (2020): KombiBus. mil.brandenburg.de. Website: <https://mil.brandenburg.de/mil/de/themen/mobilitaet-verkehr/bahnen-busse/kommunaler-uebriger-oepnv-busse-und-strassenbahnen/kombibus/#> (Zugriff: 29. Juni 2022).
- Landesregierung Brandenburg (2021): Kabinettsbeschluss (459/21) vom 16. November 2021. 16. November.
- Landesregierung Brandenburg (2022a): Sektoren und Handlungsfelder des Klimaplan Brandenburg. Erweiterte Fassung der Anlage zum Kabinettsbeschluss vom 16.11.2021 „Aufstellung eines Klimaplanes für Brandenburg - Zwischenstand“. https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/2022-05-05_Uebersicht-Sektoren-Handlungsfelder-Klimaplan_final.pdf (Zugriff: 25. November 2022).
- Landesregierung Brandenburg (2022b): MOBIL ARBEITEN im Co-Working-Space BLOK O in Frankfurt (Oder). Neues Angebot an Landesbeschäftigte. blb.brandenburg.de. 18. Mai. Website: <https://blb.brandenburg.de/blb/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/~18-05-2022-aktuelle-themen-co-working-space#> (Zugriff: 29. Juni 2022).
- Landesregierung Brandenburg (2022c): Zwischen- und Sektorziele des Klimaplan Brandenburg. Übersicht über den Orientierungsrahmen zur Erreichung von Klimaneutralität für die Jahre 2030 und 2040 sowie das Zieljahr 2045. <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Zwischen-und-Sektorziele-des-Klimaplan-Brandenburg.pdf> (Zugriff: 11. Oktober 2022).
- Landtag Brandenburg (2020): Drucksache 7/1420(ND)- Beschluss des Landtages Brandenburg. Klimaplan Brandenburg - eine verbindliche Klimastrategie für unser Land. <https://www.parlamentsdokumentation.brandenburg.de/starweb/LBB/ELVIS/parladoku/w7/beschlpr/anlagen/1420-B.pdf> (Zugriff: 15. September 2021).
- Landtag Brandenburg (2021a): Antrag - Ökologie und Ökonomie im Einklang - Entwicklungschancen Brandenburgs zum klimaneutralen Industrieland ergreifen. https://www.parlamentsdokumentation.brandenburg.de/starweb/LBB/ELVIS/parladoku/w7/drs/ab_4000/4057.pdf (Zugriff: 8. November 2021).
- Landtag Brandenburg (2021b): Beschluss des Landtages Brandenburg: Eine Bioökonomie-Strategie für Brandenburg. Drucksache. <https://www.parlamentsdokumentation.brandenburg.de/starweb/LBB/ELVIS/parladoku/w7/beschlpr/anlagen/4495-B.pdf> (Zugriff: 21. Juli 2022).
- Landtag Brandenburg (2022a): Drucksache 7/5546 Entschließungsantrag zu Gesetzentwurf der Landesregierung - Gesetz zur Regelung von Mindestabständen von Windenergieanlagen zu Wohngebäuden im Land Brandenburg (Brandenburgisches Windenergieanlagenabstandsgesetz - BbgWEAAbG) - Drucksache 7/4559 vom 22.11.2021. https://www.parlamentsdokumentation.brandenburg.de/starweb/LBB/ELVIS/parladoku/w7/drs/ab_5500/5546.pdf (Zugriff: 6. Juli 2022).
- Landtag Brandenburg (2022b): Beschluss des Landtages Brandenburg - Gesetz zur Regelung von Mindestabständen von Windenergieanlagen zu Wohngebäuden im Land Brandenburg (Brandenburgisches Windenergieanlagenabstandsgesetz - BbgWEAAbG): „Ausbau erneuerbarer Energien deutlich steigern und Akzeptanz erhöhen“. Drucksache. <https://www.parlamentsdokumentation.brandenburg.de/starweb/LBB/ELVIS/parladoku/w7/beschlpr/anlagen/5546-B.pdf> (Zugriff: 22. Juli 2022).
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2018): Klimaschutz durch Waldbewirtschaftung und Holzverwendung. <https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/projekte> (Zugriff: 18. August 2022).
- LBGR, Hrsg. [Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe] (2014): Referenzierte Moorkarte (2013) für das Land Brandenburg.
- LBGR, Hrsg. [Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe] (2022): Moorbodenkarte des Landes Brandenburg.
- LBV [Landesamt für Bauen und Verkehr] (2021): Bevölkerungsvorausschätzung 2020 bis 2030. Hoppegarten. https://www.demografie-portal.de/DE/Service/Publikationen/2021/brandenburg-bevoelkerungsvorausschaetzung-2020-2030.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- LEAG [Lausitz Energie Bergbau AG] (2022a): LEAG bereitet Genehmigungsantrag für Innovatives Speicherkraftwerk vor. 1. Juli. Website: <https://www.leag.de/de/news/details/leag-bereitet-genehmigungsantrag-fuer-innovatives-speicherkraftwerk-vor/> (Zugriff: 18. Juli 2022).

- LEAG [Lausitz Energie Bergbau AG] (2022b): Innovationskraftwerk | LEAG.de. Oktober. Website: <https://www.leag.de/de/gigawattfactory/innovationskraftwerk/> (Zugriff: 31. Oktober 2022).
- LEP HR [Landesentwicklungsplan Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg] (2019): Verordnung über den Landesentwicklungsplan Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg Teil II – Verordnungen 30. Jahrgang Potsdam, den 13. Mai 2019 Nummer 35. <https://www.landesrecht.brandenburg.de/dislservice/public/gvbl-detail.jsp?id=8141>.
- LfU [Landesamt für Umwelt Brandenburg] (2021): Klimagasinventur 2020 für das Land Brandenburg. Darstellung der Entwicklung der wichtigsten Treibhausgase und Analyse zur Minderung der energiebedingten CO₂-Emissionen. Unveröffentlicht. Fachbeiträge des LfU. Potsdam.
- LfU [Landesamt für Umwelt Brandenburg] (2022): Klimawandel in Brandenburg.
- LfU, Hrsg. [Landesamt für Umwelt Brandenburg] (unveröffentlicht): Moorschutzfachkonzept zur Umsetzung des Klimaplanes in Brandenburg, Entwurfsfassung Referat W 26, unveröffentlicht.
- Linz, Franziska (2020): 7-Punkte-Maßnahmenplan für einen besseren Umgang mit Kunststoffen. MLUK. <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/abfall/aktuelle-themenschwerpunkte/7-punkte-massnahmenplan/> (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Loga, Tobias, Britta Stein, Nikolaus Diefenbach und Rolf Born [Institut für Wohnen und Umwelt] (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden - zweite erweiterte Auflage. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt (IWU). https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Lübbers, Sebastian, Marco Wünsch, Miriam Lovis, The Boston Consulting Group, Johannes Wagner, Frank Sensfuß, Gunnar Luderer und Frederike Bartels (2022): Vergleich der „Big 5“ Klimaneutralitätsszenarien. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/Vergleich_der_Big_5_Klimaneutralitaetsszenarien.pdf (Zugriff: 18. Juli 2022).
- Luderer, Gunnar, Claudia Günther, Dominika Sörgel, Christoph Kost, Falk Benke, Cornelia Auer, Florian Koller, Andrea Herbst, Klara Reder, Diana Böttger, et al. [Kopernikus-Projekt Ariadne; Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)] (2021): Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Ariadne-Report. Potsdam. <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/> (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Luhmann, Hans-Jochen und Wolfgang Obergassel (2020): Klimaneutralität versus Treibhausgasneutralität: Anforderungen an die Kooperation im Mehrebenensystem in Deutschland. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 29, Nr. 1 (27. März): 27–33.
- Matalucci, Sergio (2022): The Hydrogen Stream: Salzgitter claims record efficiency for largest high-temperature electrolyzer. *pv magazine International*. Website: <https://www.pv-magazine.com/2022/04/19/the-hydrogen-stream-salzgitter-claims-record-efficiency-for-largest-high-temperature-electrolyzer/> (Zugriff: 31. Mai 2022).
- Matthes, Felix, Sibylle Braungardt, Veit Bürger, Lukas Emele, Wolf Görz, Hauke Hermann, Peter Kasten, Konstantin Kreye, Charlotte Loreck, Julia Repenning, et al. (2022): Klimaschutz 2030: Ziele, Instrumente, Emissionsminderungslücken sowie die Verbesserung der Überprüfungs- und Nachsteuerungsregularien. Öko-Institut e. V. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Klimaschutz-2030-Ziele-Instrumente-und-Nachsteuerungsregularien.pdf> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Merten, Frank und Alexander Scholz (2021): Vor- und Nachteile von Wasserstoffimporten versus heimische Erzeugung – Teil 1. Kostenunterschiede, Realisierungsunsicherheiten und Reboundeffekte in Lieferländern. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 71, Nr. 1–2: 33–37.
- Merten, Frank, Alexander Scholz, Christine Krüger, Simon Heck, Dr. Yann Girard, Marc Mecke und Marius Goerge (2020): Bewertung der Vor- und Nachteile von Wasserstoffimporte im Vergleich zur heimischen Erzeugung. Studie für den Landesverband Erneuerbare Energien NRW e. V. <https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/LEE-H2-Studie.pdf> (Zugriff: 4. März 2022).
- Meyer, Kerstin, Urs Maier, Oliver Arnhold und Alexander Windt (2020): Weiter denken, schneller laden. Welche Ladeinfrastruktur es für den Erfolg der Elektromobilität in Städten braucht. Agora Verkehrswende, Reiner Lemoine Institut gGmbH. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2020/LIS/Agora-Verkehrswende_Weiter-denken-schneller-laden.pdf (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Michelsen, Claus und Nolan Ritter (2017): Wärmemonitor 2016: Die „zweite Miete“ sinkt trotz gestiegenem Heizenergiebedarf. https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.564839.de/17-38-1.pdf (Zugriff: 13. Dezember 2022).

- MIE [Servicestelle der Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz] (2016): Betriebliches Mobilitätsmanagement. Praxisleitfaden. Berlin. https://www.mittelstand-energiewende.de/fileadmin/user_upload_mittelstand/MIE_vor_Ort/MIE-Praxisleitfaden_Betriebliches_Mobilit%C3%A4tsmanagement.pdf (Zugriff: 2. Juli 2022).
- MIL [Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg] (2018): Landesnahverkehrsplan 2018. https://mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/web_Landesnahverkehrsplan_2018_Endstand.pdf (Zugriff: 6. Juni 2022).
- MIL [Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung] (2021): Planen und Bauen mit Holz in Brandenburg. Grundlagen. <https://mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Planen-und-Bauen-mit-Holz-WEB-final.pdf>.
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz] (2012): Abfallwirtschaftsplan 2012 des Landes Brandenburg. https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/land_bb_test_02.a.189.de/AWP-2012-Fortschreibung.pdf (Zugriff: 28. Februar 2023).
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg] (2021a): Hauptstudie zur Erstellung eines sachlichen Teilplans „Landschaftsbild“ für die Fortschreibung des Landschaftsprogramms Brandenburg – Zwischenbericht Oktober 2021 –.
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz] (2021b): Handlungsempfehlungen Ausbau von Photovoltaikanlagen. *Handlungsempfehlungen Ausbau von Photovoltaikanlagen | MLUK*. 19. März. Website: <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/aktuelles/presseinformationen/detail/~19-03-2021-handlungsempfehlungen-ausbau-von-photovoltaikanlagen> (Zugriff: 22. Juni 2022).
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz] (2022a): 7. Legislaturperiode 2019 – 2024 Brandenburgs Agrar-, Umwelt- und Klimaministerium zieht Halbzeitbilanz. Potsdam: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg. <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/MLUK-Halbzeitbilanz-2019-2024.pdf> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz] (2022b): GLÖZ 2 - Mindestschutz von Feuchtgebieten und Mooren. Website: <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/landwirtschaft/agrarpolitik/neue-gap-foerderperiode-ab-2023/konditionalitaet/gloez2/> (Zugriff: 11. November 2022).
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg] (2022c): Teilintervention EL-0101-01 „Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland“.
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg] (2022d): Teilintervention EL-0101-03 „Moorbodenschutzmaßnahmen“.
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg] (2022e): Teilintervention EL-0101-04 „Wasserrückhalt in der Landschaft“.
- MLUK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg] (2022f): Teilintervention EL-0101-05 „Kooperative Klimaschutzmaßnahmen“.
- MLUK und MWFK [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Ministerium für Wissenschaft, Finanzen und Kultur] (2020): Nachhaltige Bioökonomie in Brandenburg. Broschüre. Potsdam: IÖW; Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie. <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/ueber-uns/oeffentlichkeitsarbeit/veroeffentlichungen/detail/~04-05-2020-nachhaltige-biooekonomie-in-brandenburg> (Zugriff: 21. Juli 2022).
- MLUL [Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg] (2015): Wälder Brandenburgs - Ergebnisse der ersten landesweiten Waldinventur. Oktober.
- MLUL [Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg] (2016): Moorschutz im brandenburgischen Wald.
- MLUL [Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg] (2018): Waldumbau in Brandenburg – Risikovorsorge für den Waldzukünftiger Generationen.
- MLUL [Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg] (2019): Waldbrandschutz in Brandenburg.
- Möller, Andreas und Heinrich Höper (2014): Bewertung des Einsatzes von Biokohle in der Landwirtschaft aus Sicht des Bodenschutzes. GeoBerichte. Hannover: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie.
- MUGV [Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg] (2014): Strategie des Landes Brandenburg zur Erfüllung der Getrenntsammlungspflicht von Bioabfällen aus Haushaltungen und Erläuterungen zu deren Umsetzung. Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/land_bb_test_02.a.189.de/bioabfallstrategie_brg.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Müller, Felix, Regina Kohlmeyer, Franziska Krüger, Kosmol Jan, Susann Krause, Conrad Dorer und Mareike Röhreich (2020): Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft. Broschüre. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <http://bit.ly/2dowYYI> (Zugriff: 22. Juli 2022).

- Müller, Ria, Jan Hildebrand, Frieder Rubik, Diana Rode, Sigrid Söldner und Sabine Bietz (2016): Der Weg zum Klimabürger - Kommunale Unterstützungsmöglichkeiten, Strategien und Methoden. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2016/Klima-Citoyen_Wegweiser_Klimabuenger.pdf (Zugriff: 15. Dezember 2022).
- Müller, Ria, Pauline Rioussset und Joyce-Ann Syhre (2018): Nachhaltige biobasierte Büroartikel, Gütezeichen, Hersteller und Bedarfe der öffentlichen Hand. Abschlussbericht. gefördert durch das BMEL. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2018/AZ123-02.05-20.0317-16-II-K_Abschlussbericht-B%C3%BCroartikel_finalfinal.pdf (Zugriff: 20. Juli 2022).
- Müller, Ria, Eva Wiesemann, Andreas Hermann, Juliane Dieroff, Johannes Betz und Winfried Bulach (2021): Beschaffung von Kunststoffprodukten aus Post-Consumer-Rezyklaten. Handreichung für den öffentlichen Einkauf. Texte. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin, Öko-Institut e.V., Darmstadt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_130-2021_handreichung_kunststoffrezyklat-beschaffung.pdf (Zugriff: 30. Juli 2022).
- MWAE [Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie] (2019): Leitlinien Industriepolitik Brandenburg. Potsdam: MWE. https://mwae.brandenburg.de/media/bb1.a.3814.de/PM_Industriekonferenz_Kurzfassung_Leitlinien_final_print.pdf (Zugriff: 4. August 2021).
- MWAE [Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie] (2021a): Maßnahmenkonkrete Strategie für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft im Land Brandenburg. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie. https://brandenburg.de/media/bb1.a.3814.de/Wasserstoffstrategie_Brandenburg_2021.pdf (Zugriff: 2. Dezember 2021).
- MWAE [Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie, Referat 24] (2021b): Leistungsbeschreibung - Erarbeitung einer Industriestrategie Brandenburg.
- MWAE [Minister für Wirtschaft, Arbeit und Energie Brandenburg] (2022): Fach- und Arbeitskräftestrategie des Landes Brandenburg. „Fachkräfte bilden, halten und für Brandenburg gewinnen“. https://mwae.brandenburg.de/media/bb1.a.3814.de/Fach_und_Arbeitskr%C3%A4ftestrategie_Bbg_Langfassung_2022_03_11.pdf (Zugriff: 28. Februar 2023).
- MWE [Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten] (2012a): Energiestrategie 2030. *Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie (MWE)*. Website: <http://brandenburg.de/de/bb1.c.478377.de> (Zugriff: 23. August 2021).
- MWE [Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten] (2012b): Leitbild und Aktionsplan „ProIndustrie“ Brandenburg. https://mwae.brandenburg.de/media/bb2.a.3466.de/Leitbild_Aktionsplan_ProIndustrie.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Närmann, Felix, Friedrich Birr, Moritz Kaiser, Monique Nerger, Vera Luthardt, Jutta Zeitz und Franziska Tanneberger [Series Editors: _:n4050Series Editors: _:n86] (2021): *Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Nauhauser, Thomas, Felix Schimek, Marvin Heimann, Marcel Corneille, Johannes Kuhn, Bjarne Heidelberg, Thomas Schmeding, Jan-Hendrik vom Wege, Dörte Fouquet, Martin Robinius, et al. (2020): Gutachten H2-Mobilität und Förderrichtlinien Schleswig-Holstein. Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Arbeit, Technologie und Tourismus.
- Neubauer, Uta (2017): Klimafreundlicher Zementersatz. *TU Darmstadt*. 16. Januar. Website: https://www.tu-darmstadt.de/universitaet/aktuelles_meldungen/archiv_2/2017/2017quartal1/einzelansicht_170560.de.jsp (Zugriff: 30. Mai 2022).
- neustark (2022): Beton mit Klimaziel. *Neustark*. Website: <https://de.neustark.com> (Zugriff: 30. Mai 2022).
- NextKraftwerke (2018): Power Purchase Agreement (PPA): Was ist das? Website: <https://www.next-kraftwerke.de/wissen/power-purchase-agreement-ppa> (Zugriff: 8. November 2021).
- NLL [Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur] (2020): Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf. Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur. https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/11/Studie_Ladeinfrastruktur-nach-2025-2.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Nobis, Claudia (2019): Mit Apps zum Klimaschutz: Car- und Ridesharing als Fluch oder Segen? https://elib.dlr.de/133553/1/Input_Jahrstagung%20%C3%96ko-Institut_Nobis_pdf-Version.pdf (Zugriff: 6. Juni 2022).
- Nobis, Claudia und Tobias Kuhnimhof [Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH (infas); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); IVT Research GmbH; infas 360 GmbH] (2018): Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Bonn, Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf (Zugriff: 25. März 2021).

- Oehmichen, Katja, Susann Klatt und Kristin Gerber (2018): *Die alternativen WEHAM-Szenarien: Holzpräferenz, Naturschutzpräferenz und Trendfortschreibung - Szenarientwicklung, Ergebnisse und Analyse*. DE: Johann Heinrich von Thünen-Institut. <https://doi.org/10.3220/REP1527686002000>.
- OGE [Open Grid Europe GmbH] (2022a): Mit OGE auf dem Weg zur Klima-neutralität. OGE. Website: <https://www.co2-netz.de/de> (Zugriff: 31. Mai 2022).
- OGE [Open Grid Europe GmbH] (2022b): Pressemeldung: OGE und TES entwickeln gemeinsam ein 1.000 km langes CO₂-Transportnetz. OGE. 4. April. Website: <https://oge.net/de/pressemitteilungen/2022/oge-und-tes-entwickeln-gemeinsam-ein-1-000-km-langes-co2-transportnetz> (Zugriff: 21. Juni 2022).
- Öko-Institut e.V. (2021a): Natürliche Senken. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Kurzgutachten_Natuerliche_Senken_OEkoinstitut.pdf (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Öko-Institut e.V. (2021b): Klimaschutzinstrumente im Verkehr CO₂-Standards Lkw. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/dokumente/uba-kurzpapier_lkw_standards_kliv.pdf (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- Osterburg, Bernhard, Claudia Heidecke, Andreas Bolte, Julian Braun, Matthias Dieter, Karsten Dunger, Peter Elsasser, Richard Fischer, Heinz Flessa, Roland Fuß, et al. [Series Editors: :n145] (2019): Folgenabschätzung für Maßnahmenoptionen im Bereich Landwirtschaft und landwirtschaftliche Landnutzung, Forstwirtschaft und Holznutzung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- Perner, Thorsten, Ingolf Berger, Viktoriia Betina, Michael Holzhey, Carolin Thalhofer, Jens Vogel und Janis Voll (2021): Beitrag zur Überarbeitung der Mobilitätsstrategie Brandenburg 2030. Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg.
- Pieprzyk, Björn und Matthias Stark (2021): Das „BEE-Szenario 2030“. 65 Prozent Treibhausgasminderung bis 2030 – Ein Szenario des Bundesverbands Erneuerbare Energie (BEE). Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE). https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Studien/2021/20210416_BEE-Szenario_2030_final.pdf (Zugriff: 5. Januar 2023).
- Plagazi (2022): Plagazi AB (publ)| Green hydrogen from waste. *Plagazi AB (publ)*. 21. Juni. Website: <https://en.plagazi.com> (Zugriff: 21. Juni 2022).
- Plötz, Patrick (2022): Hydrogen technology is unlikely to play a major role in sustainable road transport. *Nature Electronics* 5, Nr. 1 (Januar): 8–10.
- Priebs, Axel (2021): Klimaschutz und Regionalplanung in Deutschland. In: *Klimaschutz und Energiewende in Deutschland*, hg. v. Udo Sahling, S. 1–25. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Prognos, Öko-Institut e.V., und Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland - Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität. Berlin, Wuppertal. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB_V111.pdf (Zugriff: 9. November 2020).
- Prognos, Öko-Institut e.V., und Wuppertal-Institut (2021a): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.- Datenanhang.
- Prognos, Öko-Institut und Wuppertal-Institut (2021b): Klimaneutrales Deutschland 2045 - Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann? Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- PTV [PTV Transport Consulting GmbH] (2021): Potenzialanalyse von Radschnellverbindungen in Brandenburg. Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg. <https://mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Radschnellwege.pdf> (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- Purr, Katja, Jens Günther, Harry Lehmann und Philip Nuss (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Quentin, Jürgen und Franziska Tucci (2022): Entwicklung der Windenergie im Wald - Ausbau, planerische Vorgaben und Empfehlungen für Windenergiestandorte auf Waldflächen in den Bundesländern. FA Wind. <https://www.fachagentur-windenergie.de/aktuelles/detail/aktueller-entwicklungsstand-der-windenergie-im-wald/> (Zugriff: 8. November 2022).
- Rat der Europäischen Union (2022a): Paket „Fit für 55“: Allgemeine Ausrichtungen des Rates zu Emissionsreduktionen und ihren sozialen Auswirkungen. 29. Juni. Website: https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2022/06/29/fit-for-55-council-reaches-general-approaches-relating-to-emissions-reductions-and-removals-and-their-social-impacts/?utm_source=dsms-auto&utm_medium=email&utm_campaign=Fit+for+55+package:+Council+reaches+general+approaches+relating+to+emissions+reductions+and+their+social+impacts (Zugriff: 29. Juli 2022).

- Rat der Europäischen Union (2022b): „Fit für 55“: Vorläufige Einigung auf ehrgeizige CO₂-Abbauziele im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft. 11. November. Website: <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2022/11/11/fit-for-55-provisional-agreement-sets-ambitious-carbon-removal-targets-in-the-land-use-land-use-change-and-forestry-sector/> (Zugriff: 30. November 2022).
- Reichelt, Felix (2021): Treibhausgas-Emissionen aus organischen Böden in Brandenburg. Greifswald Moor Centrum Schriftenreihe.
- Repenning, Julia, Ralph O. Harthan, Ruth Blanck, Hannes Böttcher, Sybille Braungardt, Veit Bürger, Lukas Emele, Wolf Kristian Görz, Klaus Hennenberg, Wolfram Jörß, et al. (2021): Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Braunschweig/Eberswalde/Hamburg: Thünen-Institut.
- Repenning, Julia, Hauke Hermann, Lukas Emele, Wolfram Jörß, Sibylle Braungardt, Judit Kockat, Wolfgang Eichhammer und Ben Pfluger (2015): Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. Berlin: Öko-Institut e.V., Fraunhofer ISI. <https://www.oeko.de/oekodoc/2451/2015-608-de.pdf>.
- Richert, Jörn und Niklas Hoffmann (2022): Visionen für die Mobilitätswende. Ein strategischer Leitfaden. Mobility Institute Berlin (mib). <https://mobilityinstitute.com/wp-content/uploads/2020/06/Visionen-fuer-die-Mobilitaetswende.pdf> (Zugriff: 15. Dezember 2022).
- Riechel, Robert und Jan Walter (2022): Kurzgutachten Kommunale Wärmeplanung. UBA Texte 12/22. Dessau-Roßlau.
- Riek, Winfried und Russ, Alexander (2019): Waldbodenbericht Brandenburg, Band 2. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 68.
- RNE [Rat für nachhaltige Entwicklung] (2021): Die großen Potenziale der öffentlichen Beschaffung für die nachhaltige Transformation und Innovationen nutzen. Stellungnahme. https://www.nachhaltigkeitsrat.de/wp-content/uploads/2021/09/20210930_RNE_Stellungnahme_nachhaltige_oeffentliche_Beschaffung.pdf (Zugriff: 22. Juli 2022).
- RNE [Rat für Nachhaltige Entwicklung] (2022): Zeitenwende für eine konsequente Nachhaltigkeitspolitik – Empfehlungen des Nachhaltigkeitsrates zur Sicherung der globalen Nachhaltigkeitsperspektive angesichts des Krieges in der Ukraine. Stellungnahme. https://www.nachhaltigkeitsrat.de/wp-content/uploads/2022/05/20220517_RNE_Stellungnahme_Krieg_in_der_Ukraine.pdf (Zugriff: 19. Juli 2022).
- Robinius, Martin, Peter Markewitz, Peter Lopion, Felix Kullmann, Philipp-Matthias Heuser, Konstantinos Syranidis, Simonas Cerniauskas, Thomas Schöb, Markus Reuß, Severin Ryberg, et al. [Forschungszentrum Jülich] (2020): *Wege für die Energiewende kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050*. Bd. Schriften des Forschungszentrums Jülich. Energie & Umwelt 499. Jülich.
- Rubik, Frieder, Ria Müller, Corinna Hinke, Sebastian Brandsch, Vanessa Geller, Doreen Havenstein, Hannah Jaberg, Theresa Kim, Katharina Loersch, Katharina Maaß, et al. (2015): Marktmacht bündeln: Großverbraucher als Treiber für Innovationen beim nachhaltigen Konsum. Texte. Dessau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_51_2015_marktmacht_buendeln_1.pdf (Zugriff: 27. Juli 2022).
- Rupp, Johannes, Hannes Bluhm, Bernd Hirschl, Philip Grundmann, Andreas Meyer-Aurich, Vivienne Huwe und Philip Luxen [Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Ministerium für Wissenschaft, Finanzen und Kultur] (2020): Nachhaltige Bioökonomie in Brandenburg. Broschüre. Potsdam: IÖW; Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie. <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/ueber-uns/oeffentlichkeitsarbeit/veroeffentlichungen/detail/-04-05-2020-nachhaltige-biooekonomie-in-brandenburg> (Zugriff: 21. Juli 2022).
- Saar, Dorothee [Deutsche Umwelthilfe e.V.] (2013): Alternativen zu F-Gasen. http://www.duh.de/uploads/media/F-Gase_Alternativen_Hintergrundpapier.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Salecki, Steven und Bernd Hirschl (2021): Ökonomische Beteiligung lokaler Akteure als Schlüssel für Akzeptanz und stärkeren Ausbau erneuerbarer Energien. *Zeitschrift für Neues Energierecht (ZNER)* 25, Nr. 4: 329–335.
- Salecki, Steven, Bernd Hirschl, Wieland Lehnert, Martin Altröck, Christine Kliem, Roman Weidinger, Simon Schäfer-Stradowsky und Ralf Ott (2020): Finanzielle Beteiligung von betroffenen Kommunen bei Planung, Bau und Betrieb von erneuerbaren Energieanlagen. Kurzpapier mit Empfehlungen zur kommunalen und Bürgerbeteiligung an Windenergieanlagen. Arbeitsbericht/Forschungsbericht. Berlin. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Becker Büttner Held, Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2020/FinBEE_Bericht_WEA_09092020.pdf (Zugriff: 8. Dezember 2022).
- Santos, Beatrice (2022): EU-Kommission will Photovoltaik-Pflicht für öffentliche und gewerbliche Gebäude bis 2025 und für Wohngebäude bis 2029. *pv magazine Deutschland*. 18. Mai. Website:

- <https://www.pv-magazine.de/2022/05/18/eu-kommission-will-photovoltaik-pflicht-fuer-oeffentliche-und-gewerbliche-gebaeude-bis-2025-und-fuer-wohngebaeude-bis-2029/> (Zugriff: 24. Juni 2022).
- SaubFahrzeugBeschG [BMJV] (2021): *Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz)*. <https://www.gesetze-im-internet.de/saubfahrzeugbeschg/Saub-FahrzeugBeschG.pdf>.
- Schaal, Sebastian (2022): Masterplan Ladeinfrastruktur II: 74 Maßnahmen für mehr Ladepunkte. *electrive.net*. 23. März. Website: <https://www.electrive.net/2022/03/23/masterplan-ladeinfrastruktur-ii-74-massnahmen-fuer-mehr-ladepunkte/> (Zugriff: 9. Januar 2022).
- Schaudwet, Christian (2022): EU-Kommission definiert grünen Wasserstoff. Tagesspiegel Background Newsletter Energie & Klima. <https://background.tagesspiegel.de/energie-klima/eu-kommission-definiert-gruenen-wasserstoff> (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Scheffler, Margarethe und Kirsten Wiegmann (2019): Quantifizierung von Maßnahmenvorschlägen der deutschen Zivilgesellschaft zu THG - Minderungspotenzialen in der Landwirtschaft bis 2030. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Quantifizierung-von-Massnahmenvorschlaegen-der_Klima-Allianz_Landwirtschaft.pdf (Zugriff: 6. Dezember 2022).
- Scheffler, Margarethe, Kirsten Wiegmann, Sebastian Lakner, Pia Sommer und Marie Meyer-Jürshof (2022): Wieviel Klimaschutz steckt in der 1. Säule der GAP? – Analyse und politische Empfehlungen. Fact Sheet. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Scheffler, Margarethe, Kirsten Wiegmann, Cristina Urrutia, Kerstin Borkowski, Anke Benndorf, Martin Hofstetter und Matthias Lambrecht (2021): Landwirtschaft auf dem Weg zum Klimaziel - Maßnahmen für Klimaneutralität bis 2045. Berlin: Öko-Institut e.V.
- Schmidt, Manfred, Alexandra Graf und Karsten Hager (2022): Leitfaden zum Elektromobilitätsgesetz. Praktische Tipps für die Umsetzung vor Ort. Beauftragt durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr. NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2022/04/NOW_Leitfaden-EmoG_03.22.pdf (Zugriff: 30. Juni 2022).
- Schrems, Isabel und Peter Wieland (2022): Ein Kohleausstieg bis 2030 spart uns bis zu 1.450 Megatonnen CO₂ und 370 Milliarden Euro. Policy Brief. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V. (FÖS). https://foes.de/publikationen/2021/2021-09_FOES_Factsheet_Ersparnis_Kohleausstieg_2030.pdf (Zugriff: 19. Juli 2022).
- Seitz, Heiko, Marcus Hoffmann und Maik Günther (2022): E-Mobility-Check: Wie bereit ist Deutschland? <https://www.strategyand.pwc.com/de/de/industrie-teams/automobil/e-mobility-check.html> (Zugriff: 15. Dezember 2022).
- Sensfuß, Frank [Fraunhofer ISI, consentec, ifeu, TU Berlin Energie und Ressourcenmanagement] (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_TN_Szenarien_2021_06_25_v6_.pdf (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- Sensfuß, Frank, Benjamin Lux, Christiane Bernrath, Christoph Kiefer, Benjamin Pfluger, Christoph Kleinschmitt, Katja Franke, Gerda Deac, Heike Brugger, Tobias Fleiter, et al. (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 - Kurzbericht: 3 Hauptszenarien. Studie im Auftrag des BMWi. Karlsruhe. https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS_Kurzbericht_final_v5.pdf (Zugriff: 20. Juli 2022).
- SenUVK [Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz] (2020): Klimaschutzvereinbarungen des Landes Berlin. <https://www.berlin.de/sen/uvk/klimaschutz/klimaschutz-in-der-umsetzung/vorbild-rolle-oeffentliche-hand/klimaschutzvereinbarungen/> (Zugriff: 13. August 2020).
- SenUVK [Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz] (2021): Abfallwirtschaftskonzept für Siedlungs- und Bauabfälle sowie Klärschlämme für den Planungszeitraum 2020 bis 2030. Berlin. <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/kreislaufwirtschaft/strategien/abfallwirtschaftskonzepte/abfallwirtschaftskonzept-2020-bis-2030/> (Zugriff: 7. Dezember 2022).
- Siemens und NEB [Siemens Mobility und Niederbarnimer Eisenbahn] (2022): Erste Züge mit Wasserstoffantrieb für die Metropolregion Berlin-Brandenburg. *neb.de*. 27. Juni. Website: <https://www.neb.de/aktuelles/details/erste-zuege-mit-wasserstoffantrieb-fuer-die-metropolregion-berlin-brandenburg/> (Zugriff: 30. Juni 2022).
- Solargesetz Berlin (2021): *Solargesetz Berlin vom 5. Juli 2021*. <https://www.berlin.de/sen/energie/erneuerbare-energien/solargesetz-berlin/artikel.1209623.php>.
- Solarserver (2020): Methan-Plasmalyse-Verfahren: MOA Hotel Berlin heizt CO₂-frei. *Solarserver*. 5. November. Website: <https://www.solarserver.de/2020/11/05/methan-plasmalyse-verfahren-moa-hotel-berlin-heizt-co2-frei/> (Zugriff: 27. Juni 2022).
- Sommer, Stephan und Colin Vance (2021): Do more chargers mean more electric cars? *Environmental Research Letters* 16, Nr. 6 (1. Juni): 064092.

- SPD Brandenburg, CDU Brandenburg, und Bündnis 90/Die Grünen Brandenburg (2019): Zusammenhalt, Nachhaltigkeit, Sicherheit – Ein neues Kapitel für Brandenburg. https://spd-brandenburg.de/wp-content/uploads/191024_Koalitionsvertrag_Endfassung.pdf (Zugriff: 15. September 2021).
- SPD, Grüne und FDP [Sozialdemokratische Partei Deutschlands; Bündnis 90/Die Grünen; Freie Demokraten] (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf (Zugriff: 13. Dezember 2022).
- SRU [Sachverständigenrat für Umweltfragen] (2020): Using the CO2 budget to meet the Paris climate targets. Environmental Report 2020. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/EN/01_Environmental_Reports/2020_08_environmental_report_chapter_02.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Zugriff: 30. Juli 2021).
- Ssymank, Axel, Karin Ullrich, Mareike Vischer-Leopold, Susanne Belting, Dirk Bernotat, Angelika Bretschneider, Christoph Rückriem und Ulf Schiefelbein (2015): Handlungsleitfaden „Moorschutz und Natura 2000“ für die Durchführung von Moorrevitalisierungsprojekten (April): 38.
- Statistik bbb [Amt für Statistik Berlin Brandenburg] (2022): Weniger Kfz-Neuzulassungen 2021 im Land Brandenburg. Neuzulassungen von Elektro-Pkw fast verdoppelt. [statistik-berlin-brandenburg.de](https://www.statistik-berlin-brandenburg.de). 26. Januar. Website: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/022-2022> (Zugriff: 29. Juli 2022).
- Statistisches Bundesamt (2020): Landwirtschaftszählung Stallhaltung und Weidehaltung.
- Steinbach, Jan, Jana Deurer, Charlotte Senkpiel, Julian Brandes, Judith Heilig, Jessica Berneiser und Christoph Kost (2021): Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes 2050 IREES – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien GmbH, Karlsruhe Dr. Jan Steinbach Jana Deurer Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg Charlotte Senkpiel Julian Brandes Judith Heilig Jessica Berneiser Dr. Christoph Kost. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-23-2021-dl.pdf;jsessionid=164A7FB83D6750D50A341AEF52802007.live11293?__blob=publication-File&v=2 (Zugriff: 22. Mai 2022).
- Sterchele, Philip, Julian Brandes, Judith Heilig, Daniel Wrede, Christoph Kost, Thomas Schlegl, Andreas Bett und Hans-Martin Henning [Fraunhofer ISE] (2020): Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem. Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen. Freiburg. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem.pdf> (Zugriff: 7. Dezember 2022).
- Stern, N. (2006): Stern Review on the Economics of Climate Change. Executive Summary. Website: www.hm-treasury.gov.uk.
- Stm Bwl [Staatsministerium Baden-Württemberg] (2022): Mobilitätspass und Mobilitätsgarantie gehen in nächste Phase. [baden-wuerttemberg.de](https://www.baden-wuerttemberg.de). 9. Februar. Website: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/mobilitaetspass-und-mobilitaetsgarantie-gehen-in-naechste-phase/> (Zugriff: 29. Juni 2022).
- Stmw Bayern [Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie] (2022): Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie über die Richtlinien zur Förderung von Energiekonzepten und kommunalen Energienutzungsplänen vom 13. Dezember 2021. BayMBI. https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVV_7523_W_12686>true (Zugriff: 26. Januar 2023).
- Sutter, Daniel, Markus Maibach, Damaris Bertschmann, Lutz Ickert, Martin Peter, Claus Doll und André Kühn (2016): Finanzierung einer nachhaltigen Güterverkehrsinfrastruktur. Anforderungen und Rahmenbedingungen für eine zukunftsorientierte Entwicklung des Güterverkehrs – eine systematische Analyse auf der Grundlage eines Ländervergleichs. Texte. Umweltbundesamt.
- Tegetmeyer, Cosima (2021): Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands. *Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe* (Januar).
- Teichmann, Isabel (2014): Klimaschutz durch Biokohle in der deutschen Landwirtschaft: Potentiale und Kosten. *DIW Wochenbericht* 81, Nr. 1/2: 3–13.
- TFZ [Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe] (2020): Gärrestversuch Bayern – Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL. Straubing. https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/tfz_bericht_67_gaerrest_geschuetzt.pdf (Zugriff: 18. November 2022).
- Thünen (o.J.b): Landeswaldinventur Brandenburg. Website: <https://www.thuenen.de/de/wo/projekte/waldressourcen-und-klimaschutz/projekte-bundeswaldinventur/landeswaldinventur-brandenburg/> (Zugriff: 28. Oktober 2021).

- Thünen, Institut für Agrarklimaschutz [unveröffentlicht] (2020): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) 1990 – 2019: Inputdaten und Emissionsergebnisse (Brandenburg).
- Thünen, Institut für Agrarklimaschutz [unveröffentlicht] (2021a): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) 1990 – 2019: Inputdaten und Emissionsergebnisse (Brandenburg).
- Thünen, Institut für Agrarklimaschutz (2021b): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2019: Inputdaten und Emissionsergebnisse (German). Open Agrar Repository. www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00067815 (Zugriff: 20. Mai 2021).
- Thünen, Institut für Agrarklimaschutz [unveröffentlicht] (2022a): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) 1990 – 2020: Inputdaten und Emissionsergebnisse (Brandenburg).
- Thünen, Institut für Agrarklimaschutz (2022b): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2020: Inputdaten und Emissionsergebnisse (German). Open Agrar Repository. https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00078113 (Zugriff: 7. März 2022).
- ThürKlimaG (2018): Thüringer Gesetz zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels - Thüringen - Vom 18. Dezember 2018.
- Thurm, Eric Andreas, Mathis Jansen, Kai Jütte, Jan Martin, Wolfgang Voth, Michael Wirner und Uwe Gelhar (2022): Die Buchenvitalitätsschwäche in Mecklenburg-Vorpommern. *AFZ Der Wald* 11: 19–23.
- Tix, Mauritius (2022): Entwicklung eines Wasserbewirtschaftungskonzepts für das südliche Randowbruch. Veranstaltung: Gewässertagung des LfU Brandenburg: Landschaftswasserhaushalt im Klimawandel, 28. September.
- Trabelsi, Stefanie und Stefan Zundel (2013): Zur ökonomischen Bewertung von Biokohlesubstraten - Terra Preta zwischen Hype und Hofnung. IÖW, oekom Verlag.
- Trenczek, Jan, Oliver Lühr, Lukas Eiserbeck, Myrna Sandhövel und Viktoria Leuschner (2022): Extremweterschäden in Deutschland seit 2018. Prognos AG. https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Kurzzusammenfassung_Extremwetter-sch%C3%A4den%20seit%202018_AP2_3d_.pdf (Zugriff: 22. Juli 2022).
- Tsonkova, Penka und Christian Böhm (2020): CO₂-Bindung durch Agroforst-Gehölze als Beitrag zum Klimaschutz. <http://agroforst-info.de/> (Zugriff: 7. Dezember 2022).
- UBA [Umweltbundesamt] (2012): Klimawirksamkeit des Flugverkehrs: 5.
- UBA [Umweltbundesamt] (2020): Leitfaden zur umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung - Produkte aus Recyclingkunststoffen. Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/leitfaden_zur_umweltfreundlichen_oeffentlichen_beschaffung_produkte_aus_recyclingkunststoffen.pdf (Zugriff: 22. Juli 2022).
- UBA [Umweltbundesamt] (2021a): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland: Aktualisierte Ausgabe 2021: 161.
- UBA [Umweltbundesamt] (2021b): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2021 Nationaler Inventarbericht Zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2019. Climate Change. Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-6 (Zugriff: 29. Juli 2022).
- UBA [Umweltbundesamt] (2021c): Aufteilung Energiebilanzzeile 67 im deutschen Emissionsinventar (unveröffentlichte Detailtabelle). 16. Juni.
- UBA [Umweltbundesamt] (2021d): Abfallaufkommen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall> (Zugriff: 18. November 2022).
- UBA [Umweltbundesamt] (2022a): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020. Climate Change. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-05-31_climate-change_24-2022_nir-2022_de.pdf (Zugriff: 29. Juli 2022).
- UBA [Umweltbundesamt] (2022b): Mehrwertsteuer ökologisch und sozial gestalten. Text. *Umweltbundesamt*. 8. Juni. Website: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/mehrwertsteuer-oekologisch-sozial-gestalten> (Zugriff: 16. Juni 2022).
- UBA, Umweltbundesamt (2013): Flächenverbrauch einschränken – jetzt handeln. Geschäftsstelle der KBU - Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes.
- UM BWL [Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg] (2020): Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden. Stuttgart.

- UN [United Nations] (2015): Paris Agreement - authentic text. https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf (Zugriff: 19. März 2020).
- UN Ozone Secretariat [United Nations - Ozone Secretariat] (2022): The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Website: <https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol> (Zugriff: 25. Mai 2022).
- UNIDO [United Nations Industrial Development Organization] (2022): The Montreal Protocol evolves to fight climate change. Website: <https://www.unido.org/our-focus-safeguarding-environment-implementation-multilateral-environmental-agreements-montreal-protocol/montreal-protocol-evolves-fight-climate-change> (Zugriff: 25. Mai 2022).
- United Nations (2022): Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on its third session, held in Glasgow from 31 October to 13 November 2021. Addendum - Part two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement at its third session. Decisions adopted by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_10_add1_adv.pdf (Zugriff: 20. Juli 2022).
- VBB [Verkehrsbund Berlin-Brandenburg] (2022): Brandenburg Bewegten, Landesnahverkehrsplan 2023-2027 – Entwurf – Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung. https://mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/LNVP_2023-2027_Entwurf.pdf (Zugriff: 7. Dezember 2022).
- VCÖ [Verkehrsclub Österreich] (2016): Urbaner Verkehr der Zukunft: sauber und platzsparend. VCÖ – Mobilität mit Zukunft. <https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/News/VCoe-Factsheets/2013-2017/2016-01%20-%20Urbaner%20Verkehr%20der%20Zukunft%3A%20sauber%20und%20platzsparend/VCO%CC%88-Factsheet%20Urbaner%20Verkehr%20der%20Zukunft.pdf> (Zugriff: 6. Juni 2022).
- VDV [Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.] (2022): Gleisanschluss-Charta. <https://www.vdv.de/gleisanschluss-charta-downloads.aspx> (Zugriff: 16. Dezember 2022).
- Vos, Cora, Claus Rösemann, Hans-Dieter Vos, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, et al. (2022): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – 1990-2019 - Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2021. Braunschweig: Thünen-Institut. https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_91.pdf (Zugriff: 19. Dezember 2022).
- WBAE, Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik WBW (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Berlin: BMEL. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/Klimaschutzgutachten_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Zugriff: 9. Juni 2022).
- Weiß, Julika, Andreas Prah, Anna Neumann, André Schröder, Kjell Bettgenhäuser, Andreas Hermelink, Ashok John und Bernhard von Manteuffel (2014): Kommunale Wertschöpfungseffekte durch energetische Gebäudesanierung (KoWeG). Endbericht. Berlin: IÖW, Ecofys. https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/article/141028%20Endbericht_KoWeG_final_0.pdf (Zugriff: 1. Februar 2019).
- WFBB [Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH] (2022a): Startseite WFBB. Website: <https://www.wfbb.de/> (Zugriff: 16. Juni 2022).
- WFBB [Wirtschaftsförderung Brandenburg] (2022b): Masterplan Ernährungswirtschaft Brandenburg- Umbruch wird zu Aufbruch - Navigator in der Transformation. https://ernaehrungswirtschaft-brandenburg.de/sites/default/files/2022-10/WFBB_Cluster_Masterplan_Erna%CC%88hrungswirtschaft_WEB-final.pdf (Zugriff: 16. November 2022).
- WFBB [Energieagentur Brandenburg] (2022c): Solaratlas Brandenburg, Abschlussbericht Potenzialanalyse. <https://energieagentur.wfbb.de/de/Solaratlas-Brandenburg> (Zugriff: 15. Juni 2022).
- Wiesmeier, Martin, Stefanie Mayer, Paul Carsten, Katharina Helming, Axel Don, Uwe Franko, Markus Stefens und Ingrid Kögel-Knabner (2020): CO₂-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen. Halle (Saale).
- Wilhelm, Stephan, Lukas Benda und Ingo Buchholz (2020): Bike+Ride / Park+Ride im Land Brandenburg. Endbericht. Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH. <https://www.agfk-brandenburg.de/wp-content/uploads/2020/08/Endbericht-BikeRide-ParkRide-im-Land-Brandenburg-2.pdf> (Zugriff: 15. Dezember 2022).
- Willett, Walter, Johan Rockström, Brent Loken, Marco Springmann, Tim Lang, Sonja Vermeulen, Tara Garnett, David Tilman, Fabrice DeClerck, Amanda Wood, et al. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393, Nr. 10170 (2. Februar): 447–492.

- Wolf, Ingo (2020): Soziales Nachhaltigkeitsbarometer der Energiewende 2019 - Kernaussagen und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse. Potsdam. https://publications.iass-potsdam.de/rest/items/item_6000053_6/component/file_6000054/content (Zugriff: 7. Juli 2022).
- Wünsch, Marco, Martin Weiß und Inka Ziegenhagen [Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut] (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. <https://www.agora-energiewende.de/projekte/klimaneutrales-deutschland-2045/> (Zugriff: 17. August 2021).
- Zeidler, Bernd [Landesamt für Bauen und Verkehr] (2020): Wärmenetze im Land Brandenburg - Eine Bestandsaufnahme. Herausgeber Landesamt für Bauen und Verkehr.
- Zeit Online (2022): Finanzen: Lindner: „Super-Abschreibung“ kommt nicht 2022. *Die Zeit*. 8. April. Website: <https://www.zeit.de/news/2022-04/08/lindner-super-abschreibung-kommt-nicht-2022> (Zugriff: 15. Juni 2022).
- ZKL [Zukunftskommission Landwirtschaft] (2021): Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Berlin. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=16 (Zugriff: 16. Dezember 2022).

6 Anhang

6.1 Verzeichnisse

6.1.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: THG-Emissionstrends für Brandenburg mit vereinfachten Kohleausstiegsvarianten	2
Abbildung 2: Trendanstiege der THG-Emissionen der Sektoren Gebäude, Verkehr, Industrie und LULUCF	3
Abbildung 3: THG-Emissionen des KSG-Sektors Energiewirtschaft	5
Abbildung 4: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in PJ von 2018 bis 2045 für Raumwärme und Warmwasser in beiden Szenarien	6
Abbildung 5: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} von 2018 bis 2045 für Raumwärme und Warmwasser in beiden Szenarien nach Verursacherbilanz	6
Abbildung 6: Vergleich des Endenergieeinsatzes in den beiden Szenarien für den Verkehrssektor.....	7
Abbildung 7: Vergleich der THG-Emissionen nach Quellbilanz in den beiden Szenarien im Verkehrssektor.....	8
Abbildung 8: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} von 2018 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Industrie	9
Abbildung 9: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} von 2020 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Abfallwirtschaft.....	10
Abbildung 10: Szenarienvergleich – THG-Emissionen nach Sektoren 2030, 2040 und 2045 unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission 2022	13
Abbildung 11: Szenarienvergleich – THG-Emissionen differenziert nach maßgeblichen THG-Quellen für 2030, 2040 und 2045	14
Abbildung 12: Szenarienvergleich – Primärenergie, Endenergie und Stromverbrauch 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	15
Abbildung 13: Szenarienvergleich – Primärenergieträger Wind-, Solarenergie, Biomasse sowie Strom 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	16
Abbildung 14: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg nach Sektoren, Stand 11/22	19
Abbildung 15: THG-Emissionstrends für Brandenburg mit vereinfachten Kohleausstiegsvarianten	35
Abbildung 16: Trendanstiege der THG-Emissionen der Sektoren Gebäude, Verkehr, Industrie und LULUCF	35
Abbildung 17: Bevölkerungsentwicklung und -Projektion für Brandenburg von 2000 bis 2045	41
Abbildung 18: Wirtschaftliche Entwicklung und Projektion (Bruttowertschöpfung, BWS), Brandenburg und Deutschland im Vergleich von 2000 bis 2045	42
Abbildung 19: THG-Emissionen Energiewirtschaft im Trend bis 2030	50
Abbildung 20: Hauptbrennstoffe in der Fernwärme (in % nach Wärmemenge)	54
Abbildung 21: Fernwärmeerzeugungsanteile 2030-2045, Szenario I.....	56
Abbildung 22: Fernwärmeerzeugungsanteile 2030-2045, Szenario II.....	56
Abbildung 23: THG-Emissionen des KSG-Sektors Energiewirtschaft.....	62

Abbildung 24: Mischgas-, Synthesegas- und Wasserstoffanteile der Szenarien im Vergleich (Primärenergieverbrauch).....	63
Abbildung 25: Verrechnete Erdgas, Synthesegas- und Wasserstoffanteile der Szenarien im Vergleich (Primärenergieverbrauch).....	65
Abbildung 26: Entwicklung des Raumwärme- und Warmwasserverbrauchs in PJ im Zeitraum von 2018 bis 2045 in beiden Szenarien	79
Abbildung 27: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in PJ von 2018 bis 2045 für Raumwärme und Warmwasser in beiden Szenarien	80
Abbildung 28: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} von 2018 bis 2045 für Raumwärme und Warmwasser in beiden Szenarien nach Verursacherbilanz ..	81
Abbildung 29: Verkehrsleistung im Personenverkehr (ohne Fuß- und Radverkehr) im Szenario I.....	88
Abbildung 30: Antriebsmix im Pkw-Segment im Szenario I.....	89
Abbildung 31: Verkehrsträgeranteile im Gütertransport im Szenario I.....	90
Abbildung 32: Antriebsmix im leichten (oben) und schweren (unten) Straßengüterverkehr im Szenario I.....	91
Abbildung 33: Antriebsmix im Pkw-Segment im Szenario II	92
Abbildung 34: Antriebsmix über den gesamten Straßengüterverkehr im Szenario II.....	93
Abbildung 35: Vergleich des Endenergieeinsatzes in den beiden Szenarien für den Verkehrssektor.....	94
Abbildung 36: Vergleich der THG-Emissionen nach Quellbilanz in den beiden Szenarien im Verkehrssektor.....	96
Abbildung 37: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in PJ von 2018 bis 2045 in beiden Szenarien, KSG-Sektor Industrie.....	109
Abbildung 38: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} von 2018 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Industrie.....	110
Abbildung 39: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in PJ von 2018 bis 2045 in beiden Szenarien, GHD (ohne RW, WW, KK).....	113
Abbildung 40: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} von 2018 bis 2045 in beiden Szenarien, Quellenbilanz GHD (ohne RW, WW, KK).....	114
Abbildung 41: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} von 2020 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Abfallwirtschaft	122
Abbildung 42: Neues Referenzszenario für den Sektor Landwirtschaft basierend auf der Thünen-Submission 2022 für Brandenburg.....	127
Abbildung 43: Anwendung von Düngemitteln in Brandenburg	135
Abbildung 44: Referenzszenario nach CRF-Subsektoren	145
Abbildung 45: Referenzszenario Wald.....	147
Abbildung 46: Referenzszenario organische / kohlenstoffreiche Böden im Offenland (Niedermoore).....	149
Abbildung 47: Referenzszenario sonstige Handlungsschwerpunkte.....	150
Abbildung 48: Referenzszenario nach erweiterten Handlungsschwerpunkten.....	151
Abbildung 49: Wald und Forstwirtschaft im Effizienzzenario	170
Abbildung 50: Organische Böden im Offenland (Niedermoore) im Effizienzzenario	172
Abbildung 51: Biomasse im Offenland im Effizienzzenario	173
Abbildung 52: Sonstige Handlungsschwerpunkte.....	174
Abbildung 53: Gesamtschau des Sektors LULUCF im Effizienzzenario.....	175
Abbildung 54: Gesamtschau des Sektors LULUCF im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“	177
Abbildung 55: Flächenkulissen landwirtschaftlich genutztes Offenland und Wald in beiden Szenarien.....	180

Abbildung 56: Szenarienvergleich – THG-Emissionen nach Sektoren 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (1990, 2010, 2020) unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission 2022	183
Abbildung 57: Szenarienvergleich – THG-Emissionen nach Sektoren 2030, 2040 und 2045 unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission 2022	184
Abbildung 58: Szenarienvergleich – THG-Emissionen differenziert nach maßgeblichen THG-Quellen für 2030, 2040 und 2045	187
Abbildung 59: THG-Emissionen differenziert nach maßgeblichen THG-Kategorien von 1990 bis 2045 für Szenario I.....	188
Abbildung 60: THG-Emissionen differenziert nach maßgeblichen THG-Kategorien, Szenario I und II im Vergleich, 2030, 2040 und 2045.....	189
Abbildung 61: Szenarienvergleich – Primärenergie, Endenergie und Stromverbrauch 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	190
Abbildung 62: Szenarienvergleich – Primärenergieträger Kohle und Öl 2030, 2040 und 2045im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	191
Abbildung 63: Szenarienvergleich – Primärenergieträger Mischgas und grüne Gase 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit 2018	192
Abbildung 64: Szenarienvergleich – Primärenergieträger Wind-, Solarenergie, Biomasse sowie Strom 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	193
Abbildung 65: Szenario I – Stromverbrauch und –Erzeugung 2030 bis 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	195
Abbildung 66: Szenario II – Stromverbrauch und –Erzeugung 2030 bis 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	196
Abbildung 67: Szenario I – Fernwärmeverbrauch und –Erzeugung 2030 bis 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	197
Abbildung 68: Szenario II – Fernwärmeverbrauch und –Erzeugung 2030 bis 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (2018)	198
Abbildung 69: THG-Zielwerte (2030, 2040, 2045) für das Land Brandenburg inklusive KSG-Sektoren, Stand 11/2022 unter Berücksichtigung der Thünen-Submissionsdaten 2022	204

6.1.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die trendfolgende Entwicklung der Tierbestände im Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“	11
Tabelle 2: Flächenentwicklung im Sektor LULUCF bis 2045 in beiden Szenarien.....	12
Tabelle 3: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg nach Sektoren, für 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung (1990, 2010, 2020), Stand 11/22 unter Berücksichtigung der Thünen-Submission 2022	18
Tabelle 4: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg nach Sektoren, für 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung (1990, 2010, 2020), Stand 5/2022 unter Berücksichtigung der Thünen-Submission 2021	18
Tabelle 5: Szenariodesign Überblick – KSG-Sektor Energiewirtschaft	48
Tabelle 6: Emissionsfaktoren Mischgas.....	51

Tabelle 7: Leistung, Jahresnutzungsgrad und Volllaststunden verschiedener Abwärme- und Geothermie-Systeme in der Fernwärme	55
Tabelle 8: Fernwärmeverbrauchsentwicklung seit 2018 im Vergleich beider Szenarien.....	55
Tabelle 9: Fernwärmeerzeugungsanteile 2030-2045 für beide Szenarien	57
Tabelle 10: Treibhausgas-Emissionen des KSG-Sektors Energiewirtschaft	61
Tabelle 11: Nachträgliche Wärmedämmung bei der Altbaumodernisierung (bis Baujahr 1978) in den neuen Bundesländern.....	67
Tabelle 12: Anteile der jeweiligen Beheizungsart (inkl. Warmwasser) im Jahr 2018, bezogen auf die beheizte Fläche.....	69
Tabelle 13: Angenommene Flächenentwicklung in Brandenburg (Wohn- bzw. Nutzflächen) in beiden Szenarien	70
Tabelle 14: Überblick über die Annahmen in den Szenarien „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“ und „Mehr grüne Brennstoffe“ im Sektor Gebäude	72
Tabelle 15: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“	74
Tabelle 16: Verteilung der Energieträger für Raumwärme und Warmwasser in den Gebäudesegmenten EZFH, MFH und NWG in 2030, 2040 und 2045 im Szenario „Mehr Effizienz und Elektrifizierung“	75
Tabelle 17: Entwicklung der Sanierungsrate und -tiefe im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“	77
Tabelle 18: Verteilung der Energieträger für Raumwärme und Warmwasser in den Gebäudesegmenten EZFH, MFH und NWG in 2030, 2040 und 2045 im Szenario „Mehr grüne Brennstoffe“	78
Tabelle 19: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Klimakälte und IKT, Beleuchtung etc. privater Haushalte in beiden Szenarien.....	81
Tabelle 20: Quellenbilanz in Mt CO _{2e} von 2010 bis 2045 im Sektor Gebäude	82
Tabelle 21: Design der Szenarien im Sektor Verkehr	86
Tabelle 22: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Brandenburger Verkehr in beiden Szenarien.....	97
Tabelle 23: Szenariodesign – KSG-Sektor Industrie und GHD	98
Tabelle 24: Allgemeine Indikatoren – KSG-Sektor Industrie und GHD	100
Tabelle 25: Indikatoren im Szenario I – KSG-Sektor Industrie und GHD	104
Tabelle 26: Indikatoren im Szenario II – KSG-Sektor Industrie und GHD	107
Tabelle 27: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} und Vergleich zu Zielen im Sektor Industrie	111
Tabelle 28: Sensitivitätsanalyse – Entwicklung der Endenergie und THG-Emissionen und Vergleich zu Zielen im Sektor Industrie	112
Tabelle 29: Szenariodesign für den KSG-Sektor Abfallwirtschaft.....	116
Tabelle 30: Mengen und Emissionsfaktoren im Szenario I – KSG-Sektor Abfallwirtschaft ..	119
Tabelle 31: Abfallmengen und Emissionsfaktoren im Szenario II – KSG-Sektor Abfallwirtschaft.....	120
Tabelle 32: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} und Vergleich zu Zielen im Sektor Abfallwirtschaft.....	121
Tabelle 33: Entwicklung der THG-Emissionen in Mt CO _{2e} von 2020 bis 2045 nach Quellenbilanz in beiden Szenarien für den KSG-Sektor Abfallwirtschaft	122
Tabelle 34: Vergleich der Thünen Submission 2021 und 2022 für den Sektor Landwirtschaft	125
Tabelle 35: Vergleich der prozentualen Anteile der Subkategorien der Submissionen für 2020 und 2019.....	126

Tabelle 36: Emissionsziele Landwirtschaft und LULUCF auf Basis der Thünen-Submissionen 2021 und 2022.....	128
Tabelle 37: Abschätzung der mittleren CO ₂ -Einbindung in organischem Bodenkohlenstoff durch Landnutzungsänderungen.....	133
Tabelle 38: Übersicht über die Szenarienannahmen im Sektor Landwirtschaft.....	137
Tabelle 39: Übersicht über die trendfolgende Entwicklung der Tierbestände im Szenario „Mehr Elektrifizierung und Effizienz“.....	141
Tabelle 40: Übersicht THG-Emissionen im Sektor Landwirtschaft für die beiden Szenarien.....	142
Tabelle 41: Änderung der Berichtswerte für das Jahr 2019 und 2020 der beiden Thünen-Submissionen 2021 und 2022.....	145
Tabelle 42: Emissionen aus organischen / kohlenstoffreichen Böden in Brandenburg entsprechend Thünen-Submission 2022.....	148
Tabelle 43: Emissionsziele Landwirtschaft und LULUCF auf Basis der Thünen-Submissionen 2021 und 2022.....	152
Tabelle 44: Baumartenanteile in Brandenburg und deren jährlicher Holzzuwachs.....	155
Tabelle 45: Emissionsverhalten durch Waldumbau gemäß unterschiedlichen Leitbildern der Klimaplanzenarien im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg;.....	159
Tabelle 46: Emissionsverhalten durch Erstaufforstung gemäß unterschiedlichen Leitbildern der Klimaplanzenarien im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg.....	160
Tabelle 47: Exemplarische Darstellung des Emissionsverhaltens bei Erstaufforstung auf unterschiedlichen ursprünglichen Landnutzungen im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg.....	160
Tabelle 48: Treibhausgasemissionen für 4 Stauziele als Grundlage für die Berechnung von Umsetzungsvarianten von Wiedervernässung.....	162
Tabelle 49: Vergleich der Flächendifferenzierung innerhalb der Moorkulisse des Landes Brandenburg.....	163
Tabelle 50: Restemissionen nach Wiedervernässung in den Klimaplanzenarien im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg.....	164
Tabelle 51: Emissionsverhalten bei Erstaufforstung mit Erle auf wiedervernässten Moorflächen im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg.....	165
Tabelle 52: Emissionsverhalten von zusätzlichen Landschaftsgehölzen im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg.....	166
Tabelle 53: Emissionsverhalten klimaschonender Bodenbewirtschaftung im Offenland im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg.....	166
Tabelle 54: Bestandteile der Siedlungsemissionen als Nebenrechnung im Landschaftsemissionsmodell Brandenburg.....	167
Tabelle 55: Aktivitäten der Handlungsschwerpunkte in den beiden Klimaplanzenarien	168
Tabelle 56: Zusammenfassung der Reduktionen 2045 der Aktivitäten in beiden Klimaplanzenarien.....	178
Tabelle 57: Flächenentwicklung bis 2045 in beiden Klimaplanzenarien.....	179
Tabelle 58: Szenarienergebnisse der Sektoren Landwirtschaft und LULUCF in der Zusammenschau.....	181
Tabelle 59: Szenarienvergleich - THG-Emissionen nach Sektoren 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (1990, 2010, 2020) unter Berücksichtigung der aktuellen Thünen-Submission 2022.....	185
Tabelle 60: Szenarienergebnisse für die Sektoren Landwirtschaft und LULUCF sowie Gesamtergebnisse mit Thünen-Daten des Jahres 2021 - THG-Emissionswerte 2030, 2040 und 2045 im Vergleich mit bisheriger Entwicklung (1990, 2010, 2020).....	186

Tabelle 61: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg, nach Sektoren, für 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung (1990, 2010, 2020), Stand 11/22 unter Berücksichtigung der Thünen-Submission 2022.....	205
Tabelle 62: Empfohlene Klimaschutzzielwerte zur Reduktion der THG-Emissionen in Brandenburg, nach Sektoren, für 2030, 2040 und 2045 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung (1990, 2010, 2020), Stand 5/2022 unter Berücksichtigung der Thünen-Submission 2021	205
Tabelle 63: Handlungsschwerpunkte im Handlungsfeld Energie- und Wasserstoffwirtschaft	209
Tabelle 64: Maßnahmenübersicht im Handlungsfeld 1: Energie- und Wasserstoffwirtschaft	215
Tabelle 65: Maßnahmenübersicht und Wirkungsanalyse im Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie	238
Tabelle 66: Anzahl neu eingebauter Heizungsanlagen nach Gebäudetyp im Zeitraum 2023-2030 (Szenario I)	259
Tabelle 67: Anzahl und Umfang der energetischen Sanierungen und Neubautätigkeiten im Zeitraum 2023-2030	260
Tabelle 68: CO ₂ -Emissionen durch Raumwärme- und Warmwasser in 2018 und 2030 in den Segmenten EZFH, MFH und NWG nach Verursacherbilanz (Szenario I).....	261
Tabelle 69: Maßnahmenübersicht im Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen und Wohnen	262
Tabelle 70: Maßnahmenübersicht und Zuordnung der Maßnahmenpakete zu Handlungsschwerpunkten	292
Tabelle 71: Schätzung der THG-Einsparpfade mit THG-Einsparpotenzial im Jahr 2030 (Basisjahr 2020) und den auf sie einzahlenden Maßnahmenpaketen (in CO _{2e})	294
Tabelle 72: Übersicht über Handlungsschwerpunkte und zugeordneten Maßnahmen im Handlungsfeld Landwirtschaft und Ernährung.....	330
Tabelle 73: Empfehlungen für die Bundes- und EU-Ebene für das Handlungsfeld Abfall und Kreislaufwirtschaft.....	355
Tabelle 74: Verteilung der organischen Böden in Deutschland	376
Tabelle 75: Maßnahmenliste Handlungsfeld Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenleistung	379
Tabelle 76: Energiebilanz Land Brandenburg 2018, Teil 1	465
Tabelle 77: Energiebilanz Land Brandenburg 2018, Teil 2	466
Tabelle 78: Energiebilanz Land Brandenburg 2030 für Szenario I und II	467
Tabelle 79: Energiebilanz Land Brandenburg 2040 für Szenario I und II	468
Tabelle 80: Energiebilanz Land Brandenburg 2045 für Szenario I und II	469
Tabelle 81: Quellenbilanzen Land Brandenburg 2030-2045 für Szenario I und II nach KSG-Sektoren.....	470
Tabelle 82: Zwischen- und Sektorziele des Klimaplan Brandenburg gemäß Kabinettsbeschluss vom 23. August 2022	471

6.1.3 Abkürzungsverzeichnis und Einheiten

AVP	Abfallvermeidungsprogramm
BauGB	Baugesetzbuch
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BER	Flughafen Berlin-Brandenburg
BEV	Battery Electric Vehicle (Batterie angetriebenes Elektrofahrzeug)
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGF	Bruttogeschossfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMEL	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BNE	Bildung für Nachhaltige Entwicklung
BSKK	Beratungsstelle Klimagerechte Kommune
BVVB	Brandenburger Beratungs- und Vernetzungsstelle zur Verpackungsreduktion
BWS	Bruttowertschöpfung
C	Kohlenstoff
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO _{2e}	CO ₂ -Äquivalente
CCfDs	Carbon Contracts for Difference (Differenzverträge)
CCS	Carbon Capture and Storage (CO ₂ -Abscheidung und Speicherung)
CCU	Carbon Capture and Utilization (CO ₂ -Abscheidung und Verwendung)
COP	Conference of the Parties
DAC	Direct Air Capturing
DOM	Dead organic matter (tote Biomasse)
DüV	Düngeverordnung
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz

EE/V	Endenergie/verbrauch
EH	Effizienzhaus
ETS	Europäisches Emissionshandelssystem
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EWG Bln	Berliner Energiewende- und Klimaschutzgesetz
EZFH	Ein- und Zweifamilienhäuser
GAP	Europäische Gemeinsame Agrarförderung
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistung
GWFA	Grundwasserflurabstände
H ₂	Wasserstoff
HF	Handlungsfeld
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
ILB	Investitionsbank des Landes Brandenburg
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KUP	Kurzumtriebsplantagen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWW	Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg
LNfz	Leichte Nutzfahrzeuge
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
MBA	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung
MFH	Mehrfamilienhaus
MIL	Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MLUK	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz
MWAE	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie
N	Stickstoff
NH ₃	Ammoniak
N ₂ O	Lachgas
NaWaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NEC	National Emission Ceilings (Nationale Emissionshöchstmengen)

NGF	Nettogeschossfläche
NWG	Nichtwohngebäude
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
PCR	Post-Consumer Rezyklat
PE/V	Primärenergie/verbrauch
PHEV	Plug-in-Hybrid Electronic Vehicle
PIR	Post-Industrial Rezyklat
PPA	Power Purchase Agreement (langfristiger Abnahmevertrag)
PtG	Power-to-Gas
PtH	Power-to-Heat
PtL	Power-to-Liquid
PtX	Power-to-X
PV	Photovoltaik
SAF	Sustainable Aviation Fuels (nachhaltiger Luftfahrttreibstoff)
SNfz	Schwere Nutzfahrzeuge
ST	Solarthermie
SVG	(Selbst-)Versorgungsgrad
THG	Treibhausgas
TN	Treibhausgasneutralität
UBA	Umweltbundesamt
uF	unter Flur
UW-Einsatz	Umwandlungseinsatz
V2G	Vehicle to Grid (Vom Fahrzeug zum Netz)
WEHAM	Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung
Wfbb	Wirtschaftsförderung Brandenburg
WindBG	Windenergieflächenbedarfsgesetz
WKW	Wärme kraftwerke
WP	Wärmepumpen
WZ	Wirtschaftszweig

cm	Zentimeter
el	elektrische Leistung
g	Gramm
GVE	Großvieheinheiten
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
h	Stunde
ha	Hektar
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
kt	Kilotonne
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt-Peak
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
Mha	Millionen Hektar
Mt	Megatonne
MW	Megawatt
p	Peak (Spitzenleistung)
PJ	Petajoule
Pkm	Personenkilometer
t	Tonne
th	thermische Leistung
TJ	Terajoule
TW	Terrawatt
TWh	Terrawattstunde
Vol %	Volumenprozent
VZÄ	Vollzeitäquivalent
Wp/m ²	Watt Peak (Spitzenleistung) pro Modulfäche

6.2 Bilanzdaten

Tabelle 76: Energiebilanz Land Brandenburg 2018, Teil 1

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, abgeleitet aus (AfS BBB 2021a).

Energiebilanz Land Brandenburg nach KSG-Sektoren in [TJ] für das Jahr 2018		Steinkohle (roh)	Steinkohlelecks, andere Steinkohlenprodukte	Braunkohle (roh)	Braunkohlebricketts	Braunkohlenprodukte, andere	Erdöl (roh)	Rohbenzin	Ottokraftstoffe	Diesekraftstoffe	Flugturbinenkraftstoff	Heizöl	andere Mineralölprodukte
Primärenergieverbrauch		11.403	20.079	346.360	-9.815	-15.110	507.939	-462	-95.471	-99.540	-11.229	-39.302	-36.630
Umwandlungseinsatz		3.209	4.879	346.360		5.827	507.939					272	110
1 - Energiewirtschaft		3.209	4.879	346.360		5.827	507.939					272	110
2 - Industrie													
Umwandlungsausstoß					-11.583	-26.267		-462	-118.707	-154.066	-19.375	-84.225	-36.820
1 - Energiewirtschaft					-11.583	-26.267		-462	-118.707	-154.066	-19.375	-84.225	-36.820
2 - Industrie													
Verbrauch Energieerzeugung/Umwandlung					1							29.377	
1 - Energiewirtschaft					1							29.377	
Verluste/Nichtenergetischer Verbrauch/...			2.202	0	0	416	0	0	0	0	0	0	0
1 - Energiewirtschaft			2.202	0	0	416	0	0	0	0	0	0	0
Endenergieverbrauch		8.194	12.999		1.768	4.915		23.236	54.526	8.146	15.273	81	
2 - Industrie		8.142	12.999		114	4.914		92	1.222		948	59	
3 - Gebäude		52			1.654	0		342	2.902		0	14.325	22
4 - Verkehr								22.748	49.114	8.146		0	
5 - Landwirtschaft								54	1.288				

Tabelle 81: Quellenbilanzen Land Brandenburg 2030-2045 für Szenario I und II nach KSG-Sektoren

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen.

Quellenbilanz Land Brandenburg nach KSG-Sektoren in [Mt CO _{2e}]	Steinkohle (roh)	Braunkohle (roh)	Braunkohlebriketts	Braunkohlenprodukte, andere	Otokraftstoffe	Dieselkraftstoffe	Flugturbinenkraftstoff	Heizöl	andere Mineralölprodukte	Raffineriegas	Gas	Müll (fossiler Anteil)	sonstige, nicht energiebedingte THG-Emissionen	Gesamtergebnis
Szenario I	0,04	16,16	0,01	0,08	1,05	1,69	0,84	1,02	0,00	1,05	3,99	1,49	4,78	32,21
1 - Energiewirtschaft		16,16	0,00					0,31		0,12	1,59	1,21	0,38	19,76
2 - Industrie	0,04		0,00	0,08		0,07		0,05	0,00	0,93	1,15	0,26	1,02	3,60
3 - Gebäude					0,00	0,01		0,67			1,25		0,01	1,94
4 - Verkehr					1,05	1,53	0,84				0,01			3,43
5 - Landwirtschaft						0,08							2,23	2,31
6 - Abfallwirtschaft und Sonstiges												0,02	0,30	0,32
7 - LULUCF													0,85	0,85
Szenario II	0,05	16,16	0,01	0,09	1,21	1,93	0,84	1,17	0,00	0,69	4,81	1,57	5,06	33,59
1 - Energiewirtschaft		16,16	0,00					0,33		0,10	1,62	1,21	0,37	19,78
2 - Industrie	0,05		0,01	0,09		0,07		0,07	0,00	0,58	1,49	0,34	1,13	3,83
3 - Gebäude					0,00	0,01		0,77			1,67		0,01	2,47
4 - Verkehr					1,21	1,76	0,84				0,04			3,85
5 - Landwirtschaft						0,08							2,40	2,47
6 - Abfallwirtschaft und Sonstiges												0,02	0,32	0,34
7 - LULUCF													0,84	0,84
2040														
Szenario I					0,19	0,31	0,67	0,30		0,20	0,74	1,01	1,93	5,35
1 - Energiewirtschaft								0,04		0,03	0,30	0,91	0,20	1,47
2 - Industrie						0,02		0,02		0,18	0,30	0,08	0,78	1,38
3 - Gebäude								0,24			0,14		0,01	0,38
4 - Verkehr					0,19	0,27	0,67				0,00			1,14
5 - Landwirtschaft						0,01							1,77	1,78
6 - Abfallwirtschaft und Sonstiges												0,02	0,16	0,18
7 - LULUCF													-0,98	-0,98
Szenario II	0,01			0,01	0,21	0,43	0,61	0,39		0,19	1,13	1,08	2,48	6,55
1 - Energiewirtschaft								0,03		0,03	0,25	0,91	0,20	1,41
2 - Industrie	0,01			0,01		0,01		0,02		0,16	0,44	0,15	0,96	1,76
3 - Gebäude					0,00			0,34			0,44		0,01	0,79
4 - Verkehr					0,21	0,41	0,61							1,23
5 - Landwirtschaft						0,01							2,12	2,13
6 - Abfallwirtschaft und Sonstiges												0,02	0,17	0,19
7 - LULUCF													-0,96	-0,96
2045														
Szenario I												0,05	0,79	0,84
1 - Energiewirtschaft														
2 - Industrie												0,04	0,73	0,76
3 - Gebäude													0,00	0,00
4 - Verkehr														
5 - Landwirtschaft													1,53	1,53
6 - Abfallwirtschaft und Sonstiges												0,01	0,08	0,10
7 - LULUCF													-1,55	-1,55
Szenario II												0,11	1,47	1,59
1 - Energiewirtschaft														
2 - Industrie												0,10	0,84	0,94
3 - Gebäude													0,00	0,00
4 - Verkehr														
5 - Landwirtschaft													1,97	1,97
6 - Abfallwirtschaft und Sonstiges												0,02	0,09	0,11
7 - LULUCF													-1,44	-1,44

6.3 Zwischen- und Sektorzielwerte gemäß Kabinettsbeschluss

In der nachfolgenden Abbildung sind zum Vergleich mit den im Gutachten ermittelten Szenariowerten (siehe hierzu insbesondere Abschnitt 3.9.3) die von der Landesregierung im August 2022 beschlossenen Zwischen- und Sektorzielwerte wiedergegeben.

Tabelle 82: Zwischen- und Sektorziele des Klimaplan Brandenburg gemäß Kabinettsbeschluss vom 23. August 2022

Quelle: Landesregierung Brandenburg (2022c, 1).

Zwischen- und Sektorziele des Landes Brandenburg und Treibhausgas-Emissionen (1990-2020) in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente

Sektoren nach Bundesklimaschutzgesetz	Status Quo		Sektor - und Zwischenziele		
	1990	2020	2030	2040	2045
Energiewirtschaft	64,5	31,5	19,7	1,5	0
Minderungsbeitrag ggü. 1990		-51%	-69%	-98%	-100%
Industrie	14,6	7,8	3,6	1,4	0,8
Minderungsbeitrag ggü. 1990	-	-47%	-75%	-90%	-95%
Gebäude	11,2	3,9	1,9	0,4	0
Minderungsbeitrag ggü. 1990	-	-65%	-83%	-97%	-100%
Verkehr	3,3	5,2	3,4	1,1	0
Minderungsbeitrag ggü. 1990	-	58%	4%	-66%	-100%
Landwirtschaft*	5,4	3,4	3,0	2,6	2,4
Minderungsbeitrag ggü. 1990	-	-36%	-44%	-52%	-55%
Abfallwirtschaft	22,2	0,6	0,3	0,2	0,1
Minderungsbeitrag ggü. 1990	-	-97%	-99%	-99%	-100%
LULUCF*	4,5	0,7	-0,6	-1,8	-2,4
Gesamtemissionen Brandenburg	125,7	53,1	31,3	5,4	0,9
Minderungsbeitrag ggü. 1990	/	-58%	-75%	-96%	-99%
Minderungsbeitrag ggü. 2020	/	/	-41%	-90%	-98%

* Anders als in der Tabelle dargestellt, beziehen sich die Werte für Landwirtschaft und LULUCF in der Spalte für 2020 auf das Jahr 2019

Hinweis: Die Werte für 1990 und 2020 basieren auf den Quellbilanzdaten vom Landesamt für Umwelt (2021), die von der aktuell geltenden Bilanzierungsmethodik des Bundesklimaschutzgesetzes (KSG) leicht abweichen. Die Jahre 2030, 2040 und 2045 wurden im Rahmen des Gutachtens nach KSG-Methodik ermittelt und sind damit in den absoluten Ergebnissen anschlussfähig an die KSG-Daten des Bundes. Methodische Abweichungen liegen in den sektoral (zum Teil anteilig) unterschiedlichen Zuordnungen unter anderem von Industriekraftwerken, Müllkraftwerken, Gichtgasen, Bauverkehren oder ähnliches (vergleiche ausführlicher im Zwischenbericht zum Gutachten, Hirschl et al. 2022). Werte für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) sind gemäß Paragraph 3a KSG als Emissionsbilanz des jeweiligen Zieljahrs und der drei vorhergehenden Kalenderjahre ermittelt.

6.4 Liste aller Maßnahmenempfehlungen

6.4.1 Handlungsfeld 1: Energie und Wasserstoffwirtschaft

HF 1-1: Freiflächenpotenziale erweitern und deren Nutzung anreizen

- HF 1-1.1 Mehrfachnutzungen zulassen und fördern
- HF 1-1.2 Wettbewerb für Multinutzungskonzepte schaffen
- HF 1-1.3 Wind im Wirtschaftswald für die Finanzierung des Waldumbaus nutzen
- HF 1-1.4 Restbiomasse ausbauen
- HF 1-1.5 Länderöffnungsklausel PV für EEG-Ausschreibungen nutzen

HF 1-2: Freiflächenausbau, Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsprozessen ermöglichen

- HF 1-2.1 Schnellstmögliche Umsetzung des Windenergieflächenbedarfsgesetzes (WindBG, sog. Wind-an-Land-Gesetz)
- HF 1-2.2 Übereffizientes öffentliches Interesse im Landesrecht verankern
- HF 1-2.3 Finanzierung der Beschleunigungsaktivitäten
- HF 1-2.4 Betriebsdauererweiterungen bei Genehmigungen von Photovoltaikanlagen prüfen
- HF 1-2.5 Duldungspflicht Anschlussleitungen einführen
- HF 1-2.6 Betroffenenbeteiligung vorziehen und verkürzen
- HF 1-2.7 Biodiversitäts-PV fordern und fördern

HF 1-3: Akzeptanz durch mehr Nutzen vor Ort schaffen

- HF 1-3.1 Einführung einer Sonderabgabe auch für die PV-FFA
- HF 1-3.2 Beratung und Förderung zu Bürgerinnen- und Bürgerbeteiligungen und Energiegemeinschaften

HF 1-4: Versiegelte Flächen in signifikantem Ausmaß verpflichtend für PV nutzen

- HF 1-4.1 Solarpflichten einführen, insbesondere für Neubau und Gewerbe
- HF 1-4.2 Netzanschluss sicherstellen
- HF 1-4.3 Vorbild bei öffentlichen Gebäuden und Anlagen
- HF 1-4.4 Rechte zur Errichtung von Solaranlagen auf Gebäuden erweitern
- HF 1-4.5 Erleichterungen für Kleinwindkraftanlagen

HF 1-5: Dekarbonisierung der Fernwärme fördern

- HF 1-5.1 Kommunale Wärmeplanung mit Dekarbonisierungs- und Transformationsplanung forcieren
- HF 1-5.2 Wärmequellenkataster einführen, Abwärmenutzung bei Industrieansiedlungen berücksichtigen
- HF 1-5.3 Absenkung der Netztemperaturen, kalte Fernwärme fördern

- HF 1-5.4 Genehmigungsbeschleunigung bei Wasserschutz- und Bergbaubehörde ermöglichen
- HF 1-5.5 Mobile Notheizkessel bereitstellen
- HF 1-5.6 Frischholzanteil begrenzen

HF 1-6: Wasserstoff und Synthetische Gase, dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung ausbauen

- HF 1-6.1 Wasserstoffnetze und -infrastruktur – insbesondere Kavernenspeicher – fördern und ausbauen
- HF 1-6.2 Dezentrale H₂-Erzeugung erweitern, Aufarbeitung des biogenen Rest-CO₂ zu Biomethan
- HF 1-6.3 Plasmalyse zur Wasserstofferzeugung an Standorten der Abwasser- und Abfallbehandlung fördern
- HF 1-6.4 Biomethan Netzeinspeisung fördern
- HF 1-6.5 Kohlenstoffkreisläufe und technische Kohlenstoffsinken fördern und fördern

HF 1-7: Förderung von strombasierten, teilautarken Quartieren mit Inselnetzfähigkeit

HF 1-8: Umbau thermischer Kraftwerke steuern und unterstützen

- HF 1-8.1 Kohleausstieg
- HF 1-8.2 H₂-Readiness
- HF 1-8.3 Emissionsarme Gaskraftwerke fördern und fördern
- HF 1-8.4 Einsatz von Frischholz reduzieren

6.4.2 Handlungsfeld 2: Klimaneutrale Industrie

HF 2-1: Erneuerbare Energien für die Wirtschaft

- HF 2-1.1 Verpflichtung zum Ausbau von Solarenergie
- HF 2-1.2 Verpflichtende Prüfung zur Dekarbonisierung mit erneuerbaren Energien
- HF 2-1.3 (Regionales) Energie- und Ressourcenmanagement
- HF 2-1.4 Entwicklung von klimaneutralen Gewerbegebieten
- HF 2-1.5 Bezug von erneuerbarem Strom
- HF 2-1.6 Klimaschutzvereinbarung mit Unternehmen

HF 2-2: Effizienz für die Wirtschaft

- HF 2-2.1 Meldepflicht für Abwärmekataster
- HF 2-2.2 Prüfung des Handlungsbedarfs bzgl. Effizienztechnologien
- HF 2-2.3 Verbreitung von Contracting-Modellen
- HF 2-2.4 Verbreitung von Systemdienstleistungen

HF 2-3: Klimaneutrale Produkte und Kreislaufwirtschaft

- HF 2-3.1 Bioökonomie-Strategie
- HF 2-3.2 Reduktion der Prozessemissionen in der energieintensiven Industrie
- HF 2-3.3 Kriterien in Klimaschutzvereinbarungen
- HF 2-3.4 Prüfung des Rechtsrahmens
- HF 2-3.5 Pilotvorhaben und Vernetzung anstoßen

HF 2-4: CCU und CCS für Klimaneutralität vorbereiten

- HF 2-4.1 Carbon Management Strategie des Landes Brandenburg
- HF 2-4.2 Quellen und Senken von Kohlenstoff in Brandenburg
- HF 2-4.3 Identifikation des Infrastrukturbedarfs
- HF 2-4.4 Initiierung von Machbarkeitsstudien
- HF 2-4.5 Bereitstellung einer Austauschplattform

HF 2-5: Substitution von F-Gasen

HF 2-6: Industriestrategie für Klimaneutralität und Nachhaltigkeit

- HF 2-6.1 Entwicklung von Transformationsoffensiven
- HF 2-6.2 Monitoring
- HF 2-6.3 Anpassung von Rechts- und Förderrahmen
- HF 2-6.4 Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft
- HF 2-6.5 Verfügbarkeit von und Beteiligung an erneuerbaren Energien
- HF 2-6.6 Wettbewerbsfähigkeit und Carbon Leakage

HF 2-7: Strukturwandel: Raffinerie

- HF 2-7.1 Zukünftiges Produktspektrum und Produktionsumfang von Raffinerien
- HF 2-7.2 Konzeption dezentraler Raffinerien aus Effizienzgründen
- HF 2-7.3 Infrastrukturelle Voraussetzungen

HF 2-8: Genehmigungsprozesse für die klimaneutrale Transformation

- HF 2-8.1 Personalkapazität aufbauen
- HF 2-8.2 Expertise aufbauen und austauschen
- HF 2-8.3 Flexibilität in der Bearbeitung
- HF 2-8.4 Effizienz der Antragsstellung

6.4.3 Handlungsfeld 3: Wärmewende, Bauen und Wohnen

HF 3-1: Schaffung eines Rechtsrahmens für die Wärmewende und die kommunale Wärmeplanung auf Landesebene

- HF 3-1.1 Verpflichtung zur kommunalen Wärmeplanung

- HF 3-1.2 Verpflichtung zur Datenlieferung (u. a. Fernwärmebetreiber, Energieversorger)
- HF 3-1.3 Verpflichtung der Netzbetreiber Dekarbonisierungs- bzw. Transformationsfahrpläne zu erstellen mit Mindestanteilen an Erneuerbaren Energien und Abwärme
- HF 3-1.4 Verpflichtung der Betreiber allgemeiner Wärmeversorgungsnetze zur Prüfung der Abnahme von EE-Wärme und Abwärme von Dritten
- HF 3-1.5 Pflicht zur effizienten Nutzung von Abwärme in Industrie und Gewerbe
- HF 3-1.6 Solarpflichten einführen für PV und Solarthermie als Erfüllungsoption

HF 3-2: Bereitstellung der Ressourcen für die Umsetzung der Wärmewende und die kommunale Wärmeplanung

- HF 3-2.1 Bereitstellung der Ressourcen für die inhaltliche Begleitung und die verwaltungs- und kommunenübergreifende Koordination auf Landesebene
- HF 3-2.2 Bereitstellung von Ressourcen für die Einrichtung kommunaler Stellen
- HF 3-2.3 Bereitstellung von Informationsmaterial und Beratungsangeboten für die Umsetzung der Wärmewende auf kommunaler Ebene

HF 3-3: Bereitstellung von Daten und Fachgutachten für die kommunale Wärmeplanung und Dekarbonisierung der Wärmenetze

- HF 3-3.1 Bereitstellung von Daten und Kartenmaterial für die kommunale Wärmeplanung und Dekarbonisierung der Wärmenetze auf Landesebene
- HF 3-3.2 Erstellung bzw. Beauftragung von Fachgutachten zu Potenzialen und Nutzungsstrategien sowie Erstellung einer Roadmap, vor allem zu folgenden Themen
- HF 3-3.3 Bekanntmachungsmaßnahmen und Schulungen für eine breite praktische Nutzung

HF 3-4: Vorbildwirkung Landesliegenschaften

- HF 3-4.1 Sanierungsfahrplan für die Landesliegenschaften
- HF 3-4.2 Anforderungen an Sanieren und Bauen sowie Heizungswechsel bei Landesliegenschaften
 - HF 3-4.2.1 Anforderungen an die Sanierungstiefe
 - HF 3-4.2.2 Mindestanteil Erneuerbare Energien und Mitversorgung anderer Gebäude
 - HF 3-4.2.3 Nachhaltiges Bauen
- HF 3-4.3 Solarpflicht

HF 3-5: Verbesserung von Vollzug und Genehmigungsverfahren

- HF 3-5.1 Überprüfung und ggf. Verbesserung der Vollzugskontrolle der Anforderungen nach GEG
- HF 3-5.2 Vereinfachung, Bündelung und Beschleunigung von Genehmigungsverfahren

HF 3-6: Information und Beratung privater Haushalte

- HF 3-6.1 Einrichtung regionaler Energie- und Klimaschutzagenturen
- HF 3-6.2 Aufsuchende, kostenlose Beratung in ausgewählten Einfamilienhausgebieten

- HF 3-6.3 Mustersanierungen und -bauten
- HF 3-6.4 Kampagne zu Suffizienz und Effizienz

HF 3-7: Einführung neuer landeseigener Förderungen

- HF 3-7.1 Kurzfristig einzuführende Fördermaßnahmen
- HF 3-7.2 Prüfung der Einführung weiterer neuer Förderungen

HF 3-8: Ressourcenschonendes Wohnen und Bauen

- HF 3-8.1 Studie und Strategie zum Einsatz (regionaler) nachwachsender Rohstoffe im Baubereich als Teil der Bioökonomie-Strategie
- HF 3-8.2 Studie und Strategie Kreislaufwirtschaft im Baubereich
- HF 3-8.3 Roadmap zur effizienteren Verteilung von Gebäudeflächen und zur (Um-)Nutzung des Gebäudebestands sowie zur Verringerung von Neubau

HF 3-9: Qualifizierung und Qualitätssicherung

- HF 3-9.1 Qualitätsoffensive: Kampagne und Schulung
- HF 3-9.2 Clearingstelle für Sanierungen: Prüfung Einrichtung auf Landesebene

HF 3-10: Fachkräfteausbau im Bereich Wärmewende und Bauen

HF 3-11: Sozialverträglichkeit energetischer Sanierungen

- HF 3-11.1 Reduktion oder Abschaffung Modernisierungsumlage
- HF 3-11.2 Freiwillige Vereinbarungen mit Wohnungsunternehmen und deren Verbänden

HF 3-12: Klimaschutzvereinbarungen mit zentralen Akteuren der Gebäudeenergiewende

6.4.4 Handlungsfeld 4: Verkehr und Mobilität

HF 4-1: Kompetenzzentrum klimaneutrale Mobilität

HF 4-2: Raum- und Verkehrsplanung sowie Planungsumsetzung

HF 4-3: Bereitstellung und Ausbau ÖPNV-Angebot und -Infrastruktur

- HF 4-3.1 Finanzierung Ausbau ÖPNV steigern
- HF 4-3.2 Streckenplanung auch nach Verlagerungspotenzial
- HF 4-3.3 Bedienstandards je Raumtyp
- HF 4-3.4 Busverkehr Vorrang in der Verkehrsplanung / im Straßenbau (Busspuren, sichere Bushaltestellen, sichere Fußgängerüberwege an Bushaltestellen)
- HF 4-3.5 Die Ausbildung von Fachkräften im ÖPNV muss gestärkt werden
- HF 4-3.6 Ausbau des SPNV
- HF 4-3.7 Ausbau von Busverbindungen

HF 4-4: Attraktivität des ÖPNV für Fahrgäste steigern

- HF 4-4.1 Finanzierung
- HF 4-4.2 Kosten für Fahrgäste
- HF 4-4.3 Koordinations- und Kommunikationsstelle
- HF 4-4.3.1 Integriertes Informations- und Buchungssystem
- HF 4-4.3.2 Integriertes Bezahlungssystem
- HF 4-4.3.3 Abstimmung der Abfahrts- und Ankunftszeiten
- HF 4-4.4 Intermodale Infrastruktur
- HF 4-4.5 Mitnahmemöglichkeit
- HF 4-4.6 Gewährleistung von Sicherheit und Sauberkeit im ÖPNV
- HF 4-4.7 Ausbau der Barrierefreiheit an Bahnhöfen
- HF 4-4.8 Zuverlässigkeit
- HF 4-4.9 Steigerung des Komforts
- HF 4-4.10 Kundenservice

HF 4-5: Antriebswende bei Bus und Bahn

- HF 4-5.1 Klimaneutraler Betrieb des Schienennetzes
- HF 4-5.2 Umstellung der Busflotte auf alternative Antriebe
- HF 4-5.3 Wasserstofftankstellen
- HF 4-5.4 LIS für Busse
- HF 4-5.4.1 Depotladen und Zwischenladen
- HF 4-5.4.2 Routenplanung
- HF 4-5.4.3 Netzintegration
- HF 4-5.4.4 Betriebshofumstellung

HF 4-6: Reduktion von Fahrten im MIV

- HF 4-6.1 Mobiles Arbeiten im öffentlichen Dienst
- HF 4-6.2 Mobiles Arbeiten in der Wirtschaft
- HF 4-6.3 Co-Working-Spaces
- HF 4-6.4 Digitale Kommunikationsmittel
- HF 4-6.5 Erhöhung des Besetzungsgrades

HF 4-7: Nutzung des öffentlichen Raumes

- HF 4-7.1 Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung
- HF 4-7.2 Gebündelte Parkflächen
- HF 4-7.3 Klimafreundliche Stellplätze
- HF 4-7.4 Nahmobilitätsfreundliche Siedlungsstruktur

- HF 4-7.5 Logistik
- HF 4-7.6 Ausweitung verkehrsberuhigter Zonen
- HF 4-7.7 Pkw-Gebühr
- HF 4-7.8 Carsharing
- HF 4-7.9 Begrenzung der Fahrzeuggrößen
- HF 4-7.10 Kommunikation

HF 4-8: Unterstützung der Antriebswende im MIV

- HF 4-8.1 Zentrale Fachplanung LIS
- HF 4-8.2 Vernetzung
- HF 4-8.3 Beratung LIS und E-Mobilität für Kommunen
- HF 4-8.4 Nutzung von Liegenschaften und Flächen
- HF 4-8.5 Öffentliche Arbeitgebende
- HF 4-8.6 Öffentlich zugängliche Ladepunkte
- HF 4-8.7 Private Ladepunkte
- HF 4-8.8 Erschließung wirtschaftlich unattraktiver Standorte im ländlichen Raum
- HF 4-8.9 Netzintegration
- HF 4-8.10 Bevorzugung von E-Fahrzeugen
- HF 4-8.11 Fachkräfte

HF 4-9: Förderung des Rad- und Fußverkehrs

- HF 4-9.1 Verkehrsplanung
- HF 4-9.2 Straßenbau
- HF 4-9.3 Ausbau des überregionalen Radwegenetzes
- HF 4-9.4 Kommunale Radwegenetze
- HF 4-9.5 Fahrradabstellanlagen
- HF 4-9.6 Lichtsignalanlagen
- HF 4-9.7 Mobilitätsmanagement
- HF 4-9.8 Kommunikation
- HF 4-9.9 Leihsysteme
- HF 4-9.10 Fußwegenetz

HF 4-10: Verlagerung und Vermeidung von Güterverkehr

- HF 4-10.1 Clusterbildung an klimafreundlicher Verkehrsinfrastruktur
- HF 4-10.2 Gleisanschlüsse
- HF 4-10.3 Schienenausbau
- HF 4-10.4 Landesvertretung Schienengüterverkehr

- HF 4-10.5 Kombiniertes Verkehr
- HF 4-10.6 Digitalisierung
- HF 4-10.7 Micro-Hubs
- HF 4-10.8 Logistikkonzepte ländlicher Raum
- HF 4-10.9 Preisdifferenz vom Straßen- und Schienenverkehr
- HF 4-10.10 Effizienzsteigerung bei Fahrten
- HF 4-10.11 Ausbildung

HF 4-11: Verlagerung und Vermeidung von Wirtschaftsverkehr

- HF 4-11.1 Bundesinitiative zur Reform des Dienstwagenprivilegs
- HF 4-11.2 Landeseigene Dienstwagenflotte
- HF 4-11.3 Betriebliches Mobilitätsmanagement
- HF 4-11.4 Nutzung der Dienstwagen
- HF 4-11.5 Dienstreiserichtlinien
- HF 4-11.6 Digitale Kommunikationsmittel
- HF 4-11.7 Digitalisierung von Dienstleistungen

HF 4-12: Unterstützung der Antriebswende im Güter- und Wirtschaftsverkehr

- HF 4-12.1 Zentrale Fachplanung LIS und Wasserstoff für den Güter- und Wirtschaftsverkehr
- HF 4-12.2 Vernetzung
- HF 4-12.3 Leitfaden LIS und Wasserstoff für den Güter- und Wirtschaftsverkehr für Kommunen
- HF 4-12.4 Kommunale betriebliche LIS
- HF 4-12.5 Betriebliche Ladepunkte und Wasserstofftankstellen
- HF 4-12.6 Netzstabilität
- HF 4-12.7 Elektrifizierung von Streckenabschnitten im Schienengüterverkehr
- HF 4-12.8 Lkw-Oberleitungen
- HF 4-12.9 Betriebliche Flotten
- HF 4-12.10 Kommunale Wirtschaftsfahrzeuge

HF 4-13: Reduktion der Flugemissionen

- HF 4-13.1 Hochlauf Sustainable Aviation Fuels (SAF)
- HF 4-13.2 Reduktion der Flugbewegungen
- HF 4-13.3 Flughafenengebühren
- HF 4-13.4 Bundesinitiative Subventionsabbau
- HF 4-13.5 THG-Bilanzierung
- HF 4-13.6 Nachhaltigkeitsstrategie

- HF 4-13.7 Zubringerverkehr
- HF 4-13.8 Öffentlichkeitsarbeit

6.4.5 Handlungsfeld 5: Landwirtschaft und Ernährung

HF 5-1: Reduktion der Methan- und Lachgasemissionen in der Tierhaltung

- HF 5-1.1 Schaffung eines rechtlichen Rahmens zur Reduktion der THG-Emissionen in der Tierhaltung durch technische und effizienzsteigernde Maßnahmen

HF 5-2: Reduktion des Konsums tierischer und Stärkung pflanzlicher Produkte

HF 5-3: Reduktion von Lachgasemissionen und Steigerung der Stickstoffeffizienz

- HF 5-3.1 Reduktion Stickstoffüberschüsse/Steigerung Stickstoffeffizienz
- HF 5-3.2 Reduktion direkte Lachgasemissionen bei der Ausbringung von Düngemitteln
- HF 5-3.3 Reduktion indirekte Lachgasemissionen bei der Aufbereitung von Wirtschaftsdünger
- HF 5-3.4 Beratung

HF 5-4: Reduktion der Lachgasemissionen bei ackerbaulicher Bodennutzung durch Mineralisierung

HF 5-5: Erhöhung der Flächenumwandlung von Acker- zu Grünland sowie Erhalt und Umbruchverbot von Dauergrünland

HF 5-6: Erhöhung des Anteils von gehölzartigen Strukturelementen (Feldgehölze, Hecken, Knicks, Baumreihen) und Agroforstsystemen sowie Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen

HF 5-7: Reduktion des Energieeinsatzes in der Landwirtschaft

HF 5-8: Stärkung des Ökolandbaus und einer klimaschonenden Landwirtschaft

HF 5-9: Aufbau überbetrieblicher Konzepte zur Nutzung von Wirtschaftsdünger und landwirtschaftlicher Reststoffe

HF 5-10: Steuerung und Förderung landwirtschaftlicher Energieerzeugung

HF 5-11: Verankerung der Themen Klimaschutz und Ernährung in der landwirtschaftlichen und pädagogischen Berufsausbildung

6.4.6 Handlungsfeld 6: Abfall und Kreislaufwirtschaft

HF 6-1: Reduktion von Treibhausgasemissionen auf Deponien und bei der Verbrennung

- HF 6-1.1 Emissionsreduktion der Ersatzverbrennungsanlage Jänschwalde
- HF 6-1.2 Erfassung und Fixierung von Deponiegas
- HF 6-1.3 Ausweitung der Deponiebelüftung

HF 6-2: Nachhaltige Abfallverwertung und Abwasservorbehandlung

- HF 6-2.1 Potenzialstudie für moderne Sortiertechnologie
- HF 6-2.2 Förderung zum Bau von Vergärungsanlagen
- HF 6-2.3 Pilotprojekte zur Schmutzwasserplasmalyse

HF 6-3: Stärkung der Kreislaufwirtschaft – Produkte

- HF 6-3.1 Ideenwettbewerb Ökodesign
- HF 6-3.2 Beratungsangebote zum Recyclateinsatz für Hersteller
- HF 6-3.3 Forcierung der zirkulären Beschaffung (circular procurement)
- HF 6-3.4 Vernetzungsangebote für lokale Kreislaufwirtschaft
- HF 6-3.5 Bereitstellung von Fördermitteln für Forschungsvorhaben zur zügigen Umstellung von fossilen auf biobasierte Verpackungsmaterialien
- HF 6-3.6 Biotonne: Priorität auf Getrenntsammlung, umweltverträgliche Eigenkompostierung

HF 6-4: Stärkung der Kreislaufwirtschaft – Abfallvermeidung

- HF 6-4.1 Umsetzung der im Abfallwirtschaftsplan sowie Abfallvermeidungsprogramm enthaltenen Abfallvermeidungsmaßnahmen sowie Fortschreibung der Abfallwirtschaftskonzepte der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger
- HF 6-4.2 Vollzug der Mehrwegangebotspflicht für den Außerhausverzehr und Kampagne zur Förderung verpackungsfreier Produkte und verpackungsreduziertem Konsum
- HF 6-4.3 Breit angelegte Unterstützung für Produktnutzung als „product as a service“
- HF 6-4.4 Unterstützung kommunaler Repaircafés

HF 6-5: Reduktion von CO₂ im Abfalltransport

- HF 6-5.1 Vergabesystem anpassen
- HF 6-5.2 Nachhaltige Antriebsarten

6.4.7 Handlungsfeld 7: Landnutzung, Forstwirtschaft und Senkenwirkung**HF 7-1: Waldumbau****HF 7-2: Naturnaher Waldbau / Naturverjüngung****HF 7-3: Wahrung der Nachhaltigkeit im Sinne der Holzwirtschaft****HF 7-4: Aufgabe der forstlichen Bewirtschaftung ausgewählter Teilflächen****HF 7-5: Waldschutzmaßnahmen****HF 7-6: Schutz bestehender Waldflächen, Waldflächenvermehrung****HF 7-7: Optimierung Holzproduktespeicher**

HF 7-8: Grünlandetablierung auf Ackerflächen in der Niedermoorkulisse

HF 7-9: Wiedervernässung von Grünlandflächen (und vormaligen Ackerflächen), Etablierung landwirtschaftlicher Nachnutzungen

HF 7-10: Bestockung von wiedervernässten Flächen mit Erle und andere Arten der Hart- und Weichholzaue

HF 7-11: Wiedervernässung von Mooren im Wald

HF 7-12: Aufstellung konzeptioneller Grundlagen für Moorschutz in Brandenburg, Anpassung des Rechtsrahmens für die Moorwiedervernässung

HF 7-13: Effiziente administrative Strukturen für die Planung und Umsetzung von Moorschutzmaßnahmen - Mooragentur Brandenburg

HF 7-14: Schaffung und Einführung von Finanzierungsinstrumenten zur Umsetzung der Moorwiedervernässung; Einrichtung des „Moorfonds Brandenburg“

HF 7-15: Schaffung und Einführung von Entschädigungs-, Kompensations- und Förderinstrumenten zum Moorschutz

- HF 7-15.1 Landwirtschaftliche Förderinstrumente, GAK
- HF 7-15.2 Natürliches Erbe
- HF 7-15.3 KULAP
- HF 7-15.4 Entschädigungen
- HF 7-15.5 Erwerb von Vernässungsrechten
- HF 7-15.6 Sonstige Förderinstrumente
- HF 7-15.7 Generelle Diskussion

HF 7-16: Flurneuordnungsverfahren zum Zwecke der Wiedervernässung

HF 7-17: Aufbau Flächenpool zum Zweck der Wiedervernässung

HF 7-18: Wertschöpfungsketten nasse Landwirtschaft, Strukturen für eine Markteinführung (Abnahmegarantien)

HF 7-19: Klimaschonende Siedlungsentwicklung

6.4.8 Handlungsfeld 8: Übergreifende Handlungsschwerpunkte

HF 8-1: Klima-Governance

- HF 8-1.1 gesetzlicher Rahmen für Klimaneutralität
- HF 8-1.1.1 Brandenburger Landes-Klimaschutzgesetz
- HF 8-1.1.2 Anwendung und Überführung des „überragenden öffentlichen Interesses“ an der Energiewende
- HF 8-1.1.3 Pflichtaufgabe aller Kommunen

- HF 8-1.2 Brandenburger Klimakabinett
- HF 8-1.3 Brandenburger Klimarat
- HF 8-1.4 Ausweitung von Personalkapazitäten und Klimaschutzkompetenzen in allen Verwaltungen und Ämtern
 - HF 8-1.4.1 Personelle Kapazitäten
 - HF 8-1.4.2 Weiterbildungen
- HF 8-1.5 Brandenburger Klima-Fonds
 - HF 8-1.5.1 Ergänzung des Sondervermögens „Zukunftsinvestitionsfonds
 - HF 8-1.5.2 Fonds-Konzepte
- HF 8-1.6 Klimaschutz- und Energieagentur

HF 8-2: Vorbildrolle öffentliche Hand

- HF 8-2.1 Einrichtung eines Koordinierungsgremiums klimaneutrale öffentliche Verwaltung
- HF 8-2.2 Bilanzierung, Anwendungsbereich und Monitoring
- HF 8-2.3 Klimaneutrale öffentliche Liegenschaften und Gebäude
- HF 8-2.4 Klimaneutrale öffentliche Fuhrparke und Mobilität der Mitarbeitenden öffentlicher Verwaltungen
- HF 8-2.5 Öffentliche Beschaffung auf Klimaneutralität und Nachhaltigkeit ausrichten
- HF 8-2.6 Unterstützung Kommunen / Gebietskörperschaften
- HF 8-2.7 Kompensation

HF 8-3: Klimaschonende und nachhaltige Raumentwicklung

- HF 8-3.1 Verfahren der Landes- und Regionalplanung beschleunigen
- HF 8-3.2 Ermittlung von Flächenbedarfen
- HF 8-3.3 Siedlungs-, Verkehrs- und Quartiersplanung
- HF 8-3.4 Grundprinzip der Flächenschonung
- HF 8-3.5 Prüfung des Bedarfs einer landesplanerischen Steuerung für Photovoltaik auf Freiflächen
- HF 8-3.6 Raumplanung des Untergrunds mit Fokus auf die Geoenergienutzung

HF 8-4: Klimaneutralität braucht Fach- und Arbeitskräfte

- HF 8-4.1 Aus- und Weiterbildung von Fach- und Arbeitskräften
- HF 8-4.2 Gewinnung von Fach- und Arbeitskräften
- HF 8-4.3 Unterstützung von Innovationen
- HF 8-4.4 Kommunikation, Vernetzung und ggf. Koordination übergreifender Aktivitäten

HF 8-5: Bildung, Wissenschaft und Forschung

- HF 8-5.1 Initiative Klimaschutz in der Kita weiter verbreiten
- HF 8-5.2 Schulischen Klimaschutz-Bildungsangebote

- HF 8-5.3 Schulen und Bildungseinrichtungen als Multiplikatoren für Klima- und Umweltschutz stärker nutzen
- HF 8-5.4 Ausbau/Ausweitung von schulischen Wettbewerben, Kampagnen und Projekten
- HF 8-5.5 Integration von Klimaschutz-Bildungsangeboten im Kontext der Klimaneutralität in die Jugendarbeit in Kooperation mit den freien Trägern der Jugendhilfe
- HF 8-5.6 Stärkere Integration von Klimaschutz und Klimaneutralität in einschlägige Fächer in die Aus- und insbesondere die Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften und pädagogischem Personal
- HF 8-5.7 Aufnahme von Tätigkeiten im Umsetzungsbereich der Klimaneutralität im Rahmen des freiwilligen Jahres
- HF 8-5.8 Stärkung der außerschulischen, non-formalen (Klima-)Bildung für nachhaltige Entwicklung durch Schaffung dauerhafter Strukturen
- HF 8-5.9 Stärkere Integration von Klimaschutz und Klimaneutralität in die Erwachsenenbildung
- HF 8-5.10 Kommunen als Schulträger als Multiplikatoren gewinnen
- HF 8-5.11 Runder Tisch Hochschullehre / akademische Ausbildung zur Klimaneutralität
- HF 8-5.12 Verstärkte Transferaktivitäten in den Themenfeldern der Klimaneutralität zwischen Hochschulen und regionaler Wirtschaft mit Fokus auf KMU, unter Einbeziehung der neu angesiedelten Institute
- HF 8-5.13 Initiierung einer institutionellen Kooperation der für Klimaneutralität wichtigen Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen des Landes
- HF 8-5.14 Identifikation von Forschungs- und Entwicklungspotenzialen im Kontext der Klimaneutralität zur Vorbereitung der Initiierung von Forschungs- sowie Pilot-/Demonstrationsvorhaben zu für Brandenburg relevanten Zukunftstechnologien und -Konzepten
- HF 8-5.15 Hochschulen als klimaneutrale Vorreiter entwickeln

HF 8-6: Akzeptanz und Verbraucherschutz

- HF 8-6.1 Klimabürgerinnen und -bürger-Rat für Brandenburg
- HF 8-6.2 Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern an Planungs- und Genehmigungsprozessen erhöhen / sicherstellen
- HF 8-6.3 Finanzielle Beteiligung von Bürgerinnen und Bürger erhöhen zur Steigerung der Akzeptanz und Aktivierung privaten Kapitals für die Energiewende
- HF 8-6.4 Kampagne für ein klimaneutrales Brandenburg
- HF 8-6.5 Plattform für zivilgesellschaftliche Beteiligung und Vernetzung zur Klimaneutralität aufbauen bzw. in geeignete vorhandene integrieren
- HF 8-6.6 Beratung für private Haushalte zu individuellem und gemeinschaftlichem Prosuming
- HF 8-6.7 Unterstützung / Förderung des neuen, beteiligungsorientierten Geschäftsfelds der Energiegemeinschaften
- HF 8-6.8 Initiative für grüne Regionalstromangebote
- HF 8-6.9 Finanzielle Beteiligung von Kommunen erhöhen

- HF 8-6.10 Gesetzliche Vorschriften sowie (damit verbundene) Förderprogramme im Energie-wendebereich sind möglichst an Sozialverträglichkeitsziele zu koppeln
- HF 8-6.11 Verstärkung und Verstetigung der Beratung für Bürgerinnen und Bürger, für Un-ternehmen und Mitarbeitende der Verwaltungen zu den Themen Energieeinsparung

HF 8-7: Bioökonomie

GESCHÄFTSSTELLE BERLIN

MAIN OFFICE

Potsdamer Straße 105

10785 Berlin

Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0

Fax: + 49 – 30 – 882 54 39

mailbox@ioew.de

www.ioew.de