

nordwest2050

Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse
in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten

2

nordwest2050 Berichte

Vulnerabilität der Metropolregion Bremen- Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht)

Bastian Schuchardt, Stefan Wittig (Hrsg.)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

KLIMZUG

Klimawandel in Regionen



Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht)

Bastian Schuchardt, Stefan Wittig (Hrsg.)

unter Mitarbeit von: Tim Bildstein, Frank Bachmann (BioConsult), Jan Spiekermann, Marion Akamp, Michael Mesterharm, Marina Beermann, Hedda Schattke, Reinhard Pfriem, Torsten Grothmann, Kevin Grecksch, Maik Wings, Bernd Siebenhüner (Universität Oldenburg), Arnim von Gleich, Stefan Gößling-Reisemann, Birgitt Lutz-Kunisch, Sönke Stührmann, Jakob Wachsmuth, Ines Weller, Hanna Krapf, Diana Wehlau, Karin Fischer, Heiko Garrelts, Michael Flitner (Universität Bremen), Winfried Osthorst, Anna Meincke, Joachim Nibbe, Christine Mänz (Hochschule Bremen), Ulrich Scheele (ARSU), Jürgen Gabriel, Sabine Meyer (Bremer Energieinstitut)

Impressum

Herausgeber der Schriftenreihe:

Projektkonsortium ‚nordwest2050‘
c/o Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten e.V.
Bahnhofstr. 37
27749 Delmenhorst
Internet: www.nordwest2050.de

ISSN 2191-3218

Die vorliegende Publikation wurde im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘ erstellt. Für den Inhalt sind die genannten Autorinnen und Autoren verantwortlich. Herausgeber der Schriftenreihe ist das Projektkonsortium ‚nordwest2050‘.

Zitiervorschlag: Schuchardt, B., Wittig, S. (Hrsg.) (2012). Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht). nordwest2050-Berichte Heft 2. Bremen / Oldenburg: Projektkonsortium ‚nordwest2050‘.

Diese Publikation ist im Internet als pdf-Datei abrufbar unter www.nordwest2050.de.

Titelfoto: Lars Galwoschus

Bremen / Oldenburg, Februar 2012

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	10
1. Einleitung	19
<i>Bastian Schuchardt, Stefan Wittig</i>	
2. Konzept und Methode für die Analyse der Vulnerabilität	21
<i>Stefan Wittig, Bastian Schuchardt, Tim Bildstein</i>	
2.1 Konzept der Vulnerabilitätsanalyse	21
2.2 Methode und Operationalisierung der Vulnerabilitätsanalyse	23
2.2.1 Methoden der Informationsgewinnung	24
2.2.2 Bewertungsschritte und -vorgehen	26
3. Regionale Klimaszenarien: Expositionshöhe	29
<i>Stefan Wittig, Bastian Schuchardt, Frank Bachmann</i>	
3.1 Einschätzung des Klimasignals der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien	31
3.2 Entwicklung des Klimawissens	33
4. Sektorale Vulnerabilität	35
4.1 Menschliche Gesundheit	35
<i>Stefan Wittig, Jan Spiekermann</i>	
4.1.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	35
4.1.2 Anpassungskapazität	37
4.1.3 Vulnerabilitätsbewertung	38

4.2	Bauwesen	39
	<i>Jan Spiekermann, Stefan Wittig</i>	
4.2.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	39
4.2.2	Anpassungskapazität	41
4.2.3	Vulnerabilitätsbewertung	45
4.3	Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz	46
	<i>Stefan Wittig, Jan Spiekermann, Tim Bildstein</i>	
4.3.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	46
4.3.2	Anpassungskapazität	50
4.3.3	Vulnerabilitätsbewertung	55
4.4	Küstenschutz	57
	<i>Stefan Wittig, Jan Spiekermann, Frank Bachmann</i>	
4.4.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	57
4.4.2	Anpassungskapazität	60
4.4.3	Vulnerabilitätsbewertung	66
4.5	Bodenschutz	68
	<i>Jan Spiekermann, Stefan Wittig</i>	
4.5.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	68
4.5.2	Anpassungskapazität	72
4.5.3	Vulnerabilitätsbewertung	75
4.6	Biodiversität und Naturschutz	77
	<i>Stefan Wittig, Jan Spiekermann</i>	
4.6.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	77
4.6.2	Anpassungskapazität	78
4.6.3	Vulnerabilitätsbewertung	82
4.7	Ernährungswirtschaft	84
	<i>Marion Akamp, Marina Beermann, Michael Mesterharm, Reinhard Pfriem, Hedda Schattke</i>	
4.7.1	Wertschöpfungskette Milchwirtschaft	84
4.7.2	Wertschöpfungsketten Schweinefleisch- und Geflügelwirtschaft	86
4.7.3	Wertschöpfungskette Fischwirtschaft	90
4.7.4	Fazit	93
4.8	Energiewirtschaft	94
	<i>Jakob Wachsmuth, Arnim von Gleich, Stefan Gößling-Reisemann, Birgitt Lutz-Kunisch, Sönke Stührmann, Jürgen Gabriel, Sabine Meyer</i>	
4.8.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	96
4.8.2	Anpassungskapazität	104
4.8.3	Vulnerabilitätsbewertung	108

4.9	Hafenwirtschaft & Logistik	111
	<i>Winfried Osthorst, Anna Meincke, Joachim Nibbe & Christine Mänz</i>	
4.9.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	112
4.9.2	Anpassungskapazität	115
4.9.3	Vulnerabilitätsbewertung	121
4.10	Tourismuswirtschaft	123
	<i>Stefan Wittig, Jan Spiekermann</i>	
4.10.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	123
4.10.2	Anpassungskapazität	125
4.10.3	Vulnerabilitätsbewertung	127
4.11	Raumplanung	129
	<i>Jan Spiekermann, Stefan Wittig</i>	
4.11.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	129
4.11.2	Anpassungskapazität	132
4.11.3	Vulnerabilitätsbewertung	138
4.12	Bevölkerungs- und Katastrophenschutz	140
	<i>Jan Spiekermann, Stefan Wittig</i>	
4.12.1	Sensitivität und potenzielle Auswirkungen	140
4.12.2	Anpassungskapazität	143
4.12.3	Vulnerabilitätsbewertung	147
5.	Regionale Vulnerabilität	149
5.1	Grenzen der Klimaszenarien: Projektionen für Extremereignisse	149
	<i>Stefan Wittig, Frank Bachmann</i>	
5.1.1	Was sind Extremereignisse?	149
5.1.2	Welche Aussagen über klimawandelbedingte Veränderungen von Extremereignissen können getroffen werden?	151
5.1.3	Wie wird die Vulnerabilität in der Region durch Extremereignisse beeinflusst?	154
5.2	Globale Folgen des Klimawandels mit Wirkungen auf die Wirtschaftssektoren der MPR HB-OL	155
	<i>Marion Akamp, Marina Beermann, Arnim von Gleich, Stefan Gößling-Reisemann, Birgitt Lutz-Kunisch, Christine Mänz, Anna Meincke, Michael Mesterharm, Joachim Nibbe, Winfried Osthorst, Reinhard Pfriem, Hedda Schattke, Sönke Stührmann, Jakob Wachsmuth, Stefan Wittig</i>	
5.2.1	Globale Absatzmärkte, Güterimport und regionale Nachfrage	155
5.2.2	Verkehrsinfrastruktur und Logistik	164
5.2.3	Fazit	166

5.3	Konfliktkonstellationen und Synergieeffekte als Folge von Klimaanpassung	168
	<i>Stefan Wittig, Jan Spiekermann, Ulrich Scheele</i>	
5.3.1	Küsten- und Ästuarbereich	168
5.3.2	Ländlicher Raum	172
5.3.3	Städtischer Raum	176
5.3.4	Fazit zu den Konflikten und Synergien	179
5.4	Governance der Region	180
	<i>Heiko Garrelts, Michael Flitner, Kevin Grecksch, Torsten Grothmann, Bernd Siebenhüner, Maik Winges</i>	
5.4.1	Sensitivität in den Handlungsbereichen	181
5.4.2	Anpassungskapazität in den Handlungsbereichen	183
5.4.3	Handlungsbereichsübergreifende Anpassungsstrategien in Niedersachsen und Bremen	186
5.4.4	Fazit zur Anpassungskapazität	190
5.4.5	Vulnerabilitätsbewertung der Governance	191
5.5	Nachfrageverhalten und Konsummuster	191
	<i>Ines Weller, Karin Fischer, Hanna Krapf, Diana Wehlau</i>	
5.5.1	Wahrnehmung des Klimawandels	192
5.5.2	Klimawandel und Konsumverhalten	193
5.5.3	Konsum im Spannungsverhältnis von Klimawandel und Preisanstiegen	196
5.5.4	Klimawandel, Konsum und regionale Vulnerabilitätsaspekte	196
5.5.5	Fazit	198
6.	Zusammenfassende Darstellung der VA-Ergebnisse	199
	<i>Stefan Wittig, Bastian Schuchardt, Frank Bachmann, Tim Bildstein</i>	
6.1	Risiken des Klimawandels	199
6.2	Chancen des Klimawandels	205
7.	Ausblick: Konsequenzen für eine regionale Klimaanpassungsstrategie	211
	<i>Bastian Schuchardt, Stefan Wittig</i>	
7.1	Klimaanpassung als sektorübergreifender und langfristiger Prozess: Vorsorgeorientierung	212
7.2	Kriterien zur Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen in einer Klimaanpassungsstrategie	217
7.2.1	Dringlichkeit	217
7.2.2	Synergieeffekte	218
7.3	Berücksichtigung von Unsicherheiten: Flexibilität gewährleisten, Resilienz erhöhen	219

8.	Quellenverzeichnis	224
8.1	Literatur	224
8.2	Internet	252
8.3	Gesetze, Richtlinien	253
9.	Anhang	255
9.1	Die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien	255
9.2	Adressen	263

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Vulnerabilitätsbewertung für die in der regionalen VA betrachteten Sektoren (weitere Erläuterung im Text).	13
Abbildung 2: Übersicht über den Arbeitsbereich (AB) Vulnerabilitätsanalyse (VA) mit den beteiligten Teams (VWSKA = vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse; ISL = Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik; BEI = Bremer Energie Institut; eigene Darstellung)	21
Abbildung 3: Konzept der regionalen klimawandelbezogene VA (verändert nach EEA 2008 und Europäische Kommission 2009).	22
Abbildung 4: Übersicht über das methodische Vorgehen für die Synthese der VA (eigene Darstellung)	24
Abbildung 5: Übersicht über die vier Untersuchungsschwerpunkte (UP) der Wertschöpfungskettenanalyse (Quelle: Gabriel & Meier 2010)	95
Abbildung 6: Übersicht Wertschöpfungskette im Energiecluster mit Beispielen (Quelle: Gabriel & Meyer 2010)	95
Abbildung 7: Energie- und Stromintensität der Industrie in der Metropolregion (in Bezug zur Bruttowertschöpfung) im Vergleich zu anderen Regionen (links: Niedersachsen und Bremen, Deutschland) und im Vergleich der Landkreise untereinander (rechts). Die Abbildung für die Energieintensität pro Beschäftigten hat in etwa denselben Verlauf wie die pro Wertschöpfung (eigene Darstellung, Daten: Regionalstatistik, kJ = Kilojoule = 10^3 Joule).	103
Abbildung 8: Stromerzeugungsmix der Metropolregion und zugehöriger Shannon-Index im Vergleich zum restlichen Niedersachsen (Rest N), Niedersachsen & Bremen zusammen (N +HB), sowie Deutschland insgesamt (BRD) (Eigene Berechnungen).	104
Abbildung 9: Schematische Darstellung der Häufigkeitsanalyse von extremen Klimazuständen am Beispiel einer Normalverteilung (nach IPCC 2002; Hupfer & Börngen 2004).	153
Abbildung 10: Temperatur- und Niederschlagsänderungen für Australien und Neuseeland anhand einer Multi-Modell-Datensimulation des A1B-Emissionsszenarios. Oben: Jahres-, Winter- (DJF) und Sommermittel (JJA) der Temperaturänderung zwischen 1980-1999 und 2080-2099 als Durchschnitt von 21 Modellen. Unten: Prozentuale Niederschlagsänderungen für dieselben Mittelwerte wie oben (aus Website IPCC).	156
Abbildung 11: Temperatur- und Niederschlagsänderungen für Mittel- und Südamerika anhand einer Multi-Modell-Datensimulation des A1B-Emissionsszenarios. Oben: Jahres-, Winter- (DJF) und Sommermittel (JJA) der Temperaturänderung zwischen 1980-1999 und 2080-2099 als Durchschnitt von 21 Modellen. Unten: Prozentuale Niederschlagsänderungen	

für dieselben Mittelwerte wie oben (aus Website IPCC; s. a. Akamp & Schattke 2011).	157
Abbildung 12: Mögliche Verschiebung der Lebensräume einiger kommerziell befischter Fischarten bei weiterer Erwärmung der Meere (aus WBGU 2006).	158
Abbildung 13: Darstellung der Ausdehnung der Hitzewelle im August 2003 (links) und im Juli 2010 (rechts)(aus Becker 2010).	159
Abbildung 14: Verbreitung von Permafrost auf der Nordhalbkugel heute (links) und im Jahr 2050 (rechts). Dunkelblau: zusammenhängender Permafrost, blau: unzusammenhängendes Vorkommen, hellblau: sporadisches Vorkommen (nach U.S. Arctic Research Commission Permafrost Task Force 2003; s. a. Website NSIDC).	160
Abbildung 15: Modellerte Veränderung der Jahresmitteltemperatur (links), der Wintermitteltemperatur (Mitte) und der Sommermitteltemperatur (rechts) für Europe zwischen 1980-1999 und 2080-2099 für das IPCC A1B-Emissionsszenario (Durchschnitt von 21 Modellen; Multi-Model-Data-Simulation)(aus EEA 2008).	161
Abbildung 16: Modellerte Bedingungen für den Sommertourismus (Monate Juni, Juli und August) in Europa für 1961-1990 (links) und 2071-2100 für das A2-Emissionsszenario (Quelle: JRC PESETA-Projekt: http://peseta.jrc.ec.europa.eu/docs/Tourism.html).	161
Abbildung 17: Temperatur- und Niederschlagsänderungen für Asien anhand einer Multi-Modell-Datensimulation des A1B-Emissionsszenarios. Oben: Jahres-, Winter- (DJF) und Sommermittel (JJA) der Temperaturänderung zwischen 1980-1999 und 2080-2099 als Durchschnitt von 21 Modellen. Unten: Prozentuale Niederschlagsänderungen für dieselben Mittelwerte wie oben (aus Website IPCC).	165
Abbildung 18: Illustration des integrierten Systemansatzes zum Überflutungsschutz in den Ästuaren von Rhein und Maas (aus der Studie „Rhine estuary closable but open – a multidisciplinary exploration“: s. Website Rotterdam Climate Initiative). Für die Zufahrt zum Hafen von Rotterdam wurde 2005 das Sturmflutsperrwerk Maeslantkering (Foto rechts und in der linken Abb. oben links dargestellt) am Hoek van Holland als Bauwerk des niederländischen Deltaplanes fertig gestellt. Es schützt den Rotterdamer Hafen und die unter dem Meeresspiegel liegende Region um Rotterdam (Quelle: http://www.rotterdamclimateinitiative.nl).	165
Abbildung 19: Nordostpassage (rot) im Vergleich der bisherigen Route nach Asien (gelb)(aus Osthorst & Mänz 2012)	166
Abbildung 20: Graduelle Übergangszonen zwischen Meer und Land. Links: landwärtige Optionen, von oben nach unten: Verteidigen und Wassermanagement, Deichöffnung, Polder und pumpen. Rechts: seewärtige Optionen (Binnenlandnutzung gleichbleibend), von oben nach unten: Vordeichen, Umlagern, Vorspülen (aus ComCoast 2007).	172
Abbildung 21: Stärken-Schwächen-Profil der Handlungsbereiche Wasserwirtschaft (links) sowie Küsten- und Binnenhochwasserschutz (rechts)(Legende: grün = Stärke, gelb = weder Stärke noch Schwäche, orange = Schwäche; aus Garrelts et al. 2011)	184
Abbildung 22: Stärken-Schwächen-Profil der Handlungsbereiche Raumplanung (links) sowie Bevölkerungs- und Katastrophenschutz (rechts)(Legende: grün = Stärke, gelb = weder Stärke noch Schwäche, orange = Schwäche, rot = große Schwäche; aus Garrelts et al. 2011)	185
Abbildung 23: Änderung der Heizgradtage (gleitendes 30jähriges Mittel, Referenztemperatur 15°C) im CLM Modell (rot) und im REMO Modell (blau) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 (s. Wachsmuth et al. 2011)	260
Abbildung 24: Änderung der Kühlgradtage (gleitendes 30jähriges Mittel, Referenztemperatur 18°C) im CLM Modell (rot) und im REMO Modell (blau) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 (s. Wachsmuth et al. 2011)	261

Abbildung 25: Entwicklung der Anzahl der Hitzeperioden pro Jahr (gleitendes 30jähriges Mittel, Definition: 5 aufeinander folgende Tage mit Tagesmaximaltemperaturen über 25°C, davon mindestens 3 mit mehr als 30°C). Dargestellt ist die Änderung im regionalen Klimamodell CLM (rot) und REMO (blau) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 (s. Wachsmuth et al. 2011). 261

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungsmatrix für die Vulnerabilität (eigene Darstellung)	28
Tabelle 2: Die für die Sektoren (bzw. Handlungsbereiche und Wirtschaftscluster) relevanten Klimaparameter zur Bestimmung der Exposition.	29
Tabelle 3: Darstellung der Klimaparameter aus den beiden ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien, für die das Klimasignal als stark angesehen werden kann (s. a. Schuchardt et al. 2010b und Tabelle 19 im Anhang)	31
Tabelle 4: Die im Rahmen der VA betrachteten Sektoren	35
Tabelle 5: Übersicht über potenzielle Auswirkungen in der Energiewirtschaft der MPR HB-OL (Quelle: Gabriel & Meyer 2010)	99
Tabelle 6: Übersicht über die Vulnerabilität der betrachteten WSKS	109
Tabelle 7: Strukturelle Verschiebungen innerhalb der Metropolregion aufgrund von regionalen und globalen Klimaveränderungen (eigene Darstellung)	115
Tabelle 8: Regionale und überregionale Anpassungskapazitäten (AK; eigene Darstellung: blau = AK auf regionaler Ebene, gelb = AK auf überregionaler Ebene, grün = AK auf regionaler und überregionaler Ebene)	121
Tabelle 9: Regionale Vulnerabilitätsbewertung des Clusters Hafenwirtschaft & Logistik (eigene Darstellung)	122
Tabelle 10: Warnkriterien für Unwetterwarnungen (s. Website DWD)	150
Tabelle 11: Trends und mögliche Konsequenzen für Destinationen und Anbieter in Deutschland bzw. der MPR HB-OL auch unter Berücksichtigung von Klimaschutzaktivitäten (nach Bartels et al. 2009; Lohmann & Aderhold 2009; WWF 2009).	162
Tabelle 12: Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels, für die räumlich wirkende (raumwirksame) Anpassungserfordernisse erforderlich werden könnten und Flächenbedarfe für Maßnahmen zum Klimaschutz im Küsten- und Ästuarbereich der MPR HB-OL.	169
Tabelle 13: Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels, für die räumlich wirkende (raumwirksame) Anpassungserfordernisse erforderlich werden könnten und Flächenbedarfe für Maßnahmen zum Klimaschutz im ländlichen Raum der MPR HB-OL.	173
Tabelle 14: Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels, für die räumlich wirkende (raumwirksame) Anpassungserfordernisse im städtischen Raum der MPR HB-OL erforderlich werden könnten.	177
Tabelle 15: Strukturpapier für eine Anpassungsstrategie Niedersachsen (Nds. MUK 2009, eigene Darstellung)	182
Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung der Sektoren, für die die Bewertung der Vulnerabilität gering oder gering bis mittel ergeben hat (WSK = Wertschöpfungskette; WSKS = Wertschöpfungskettenstufe).	201
Tabelle 17: Zusammenfassende Darstellung der Sektoren, für die die Bewertung der Vulnerabilität mittel ergeben hat (WSK = Wertschöpfungskette; WSKS = Wertschöpfungskettenstufe).	203
Tabelle 18: Zusammenfassende Darstellung der Sektoren, für die die Bewertung der Vulnerabilität mittel bis hoch oder hoch ergeben hat.	204
Tabelle 19: Jahreswerte der Klimaparameter für die Referenzperiode (1971-2000) und Differenzen in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien zur Bestimmung der sektorspezifischen Exposition (weitere Details in Schuchardt et al. 2010a und 2010b; n. a. = im vorliegenden Bericht nicht ausgewertet).	255

Tabelle 20: Auswertung der Hitzeperioden für ausgesuchte Klimaperioden, sowie durchschnittliche Länge und Tageshöchsttemperatur der jeweiligen Hitzeperioden (s. Wachsmuth et al. 2011)	262
Tabelle 21: Veränderung der mittleren Windgeschwindigkeit in der Metropolregion nach Jahreszeiten und Standort (s. Wachsmuth et al. 2011)	262
Tabelle 22: Veränderung des Bedeckungsgrads in der Metropolregion nach Jahreszeiten und Standort (s. Wachsmuth et al. 2011)	263

Zusammenfassung

Der vorliegende Synthesebericht stellt die Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) gegenüber dem Klimawandel als Ergebnis der Synthesephase des Arbeitsbereichs Vulnerabilitätsanalyse (VA) im Projekt ‚nordwest2050‘ dar. Aufbauend auf den Erkenntnissen über die sektorale und wirtschaftsclusterbezogene Vulnerabilität werden anhand von gemeinsamen und übergreifenden Aspekten der regionalen Vulnerabilität die klimawandelbedingten Risiken und Chancen für die MPR HB-OL zusammengefasst. Auf dieser Basis können Randbedingungen für Anpassungshandeln beschrieben und Empfehlungen für eine regionale Klimaanpassungsstrategie gegeben werden. Diese bilden einen zentralen Ausgangspunkt für die weitere Arbeit in ‚nordwest2050‘ in Richtung einer „Roadmap of Change“ für die Region.

Ausgangspunkt war die Frage, mit welchen potenziellen Auswirkungen des Klimawandels die MPR HB-OL voraussichtlich rechnen muss. Dazu sind sog. „Wirkpfade des Klimawandel“ identifiziert und zum Teil anhand von Klimawirkmodellen quantifiziert worden. Der Synthesebericht fasst die gewonnenen Ergebnisse über diese Wirkpfade für 12 regional bedeutsame (Wirtschafts-) Sektoren bzw. Handlungsbereiche zusammen. Die Ergebnisse stützen sich dabei auf umfangreiche Recherchen (Literatur, Internet, Forschungsprojekte usw.) sowie auf Befragungen von Akteuren und Entscheidungsträgern der Region. Sie ermöglichen somit einen querschnittsorientierten Überblick über die derzeit plausibel zu erwartenden regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf Naturraum und sozioökonomische Situation.

Konzept für Vulnerabilitätsanalyse und -bewertung

Der vorliegenden VA liegt ein Konzept zugrunde, welches sowohl natürliche wie auch sozioökonomische Aspekte des Klimawandels berücksichtigt, da Ausmaß und räumliche Ausprägung der potenziellen Wirkungen des Klimawandels entscheidend sowohl von der natürlichen Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme als auch der gesellschaftlichen Anpassungskapazität der jeweiligen Sektoren abhängen. In Anlehnung an IPCC (2007) beschreibt Vulnerabilität im vorliegenden Bericht in welcher Weise und wie stark ein System gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels anfällig ist bzw. ob es fähig ist, die Auswirkungen so zu bewältigen, dass die wesentlichen Systemfunktionen aufrecht erhalten werden. Zur Analyse und Bewertung der Höhe der Vulnerabilität werden folgende Komponenten differenziert:

- **Klimawandel** umfasst die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien beschriebenen regionalen Veränderungen der ausgewählten Klimaparameter inkl. unmittelbar nachgelagerter Effekte wie z. B. Veränderung der Wasserstände und -temperaturen oder der klimatischen Wasserbilanz;
- **Exposition** beschreibt die klimawandelbedingten Veränderungen der Parameter, die auf einen Sektor einwirken inkl. unmittelbar nachgelagerter Effekte wie z. B. Veränderungen im Abflussregime der Flüsse oder der Morphodynamik im Küstenvorfeld;
- **Sensitivität** beschreibt die heutige Empfindlichkeit eines Sektors gegenüber den aktuellen Klimabedingungen;
- **potenzielle Auswirkungen** ergeben sich aus der Kombination von Exposition und Sensitivität ohne Berücksichtigung zusätzlicher, als Reaktion auf den erwarteten Klimawandel unternommener Anpassungsmaßnahmen;
- **Anpassungskapazität** berücksichtigt neben der natürlichen Anpassungsfähigkeit der regionalen Ökosysteme das Wissen über Anpassungsstrategien und -maßnahmen, die technische, institutionelle oder organisatorische Fähigkeit eines Sektors zur Planung, Vorbereitung, Unterstützung und Umsetzung von Handlungsmaßnahmen zur Anpassung sowie die Anpassungsbereitschaft;
- Die **Vulnerabilität** eines Sektors ergibt sich aus der kombinierten Betrachtung der genannten Komponenten und wird mit den Kategorien gering, mittel und hoch differenziert.

Die Ergebnisse der sektoralen Vulnerabilitätsbewertung liefern Hinweise auf die gesellschaftlichen Bereiche, für die Handlungs- bzw. Anpassungsbedarf besonders notwendig und dringlich erscheint bzw. für die Anpassung erst langfristig relevant werden wird. Die zusammenfassende Analyse der sektoralen VA-Ergebnisse versucht auch indirekte und durch Wechselwirkungen entstehende weitere Auswirkungen bzw. Anpassungserfordernisse zu erfassen.

Regionale Klimaszenarien

Die Festlegung zukünftiger Werte für verschiedene Klimaparameter in regionalen Klimaszenarien, die auf den Projektionen der aktuellen Klimamodelle¹ basieren, ist die notwendige Voraussetzung für die Analyse der sektoralen Vulnerabilität. Die zu den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien verdichteten Projektionen, inklusive der Folgen für den Anstieg des Meeresspiegels und der mittleren Tidewasserstände sowie nachgelagerter Effekte wie veränderte Abflüsse, schaffen die Wissensbasis bezüglich des zukünftigen Klimas mit dem die Region rechnen muss. Es wird somit möglich, trotz inhärenter Unsicherheiten und großer Spannen möglicher Klimaänderungen, räumlich detailliert die sektorspezifische Exposition und die daraus resultierenden potenziellen Auswirkungen zu analysieren.

Die Veränderungen der für die VA relevanten Klimaparameter der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind für die Region unter Berücksichtigung des A1B-Emissionsszenarios insgesamt vergleichsweise moderat; Ausnahmen sind die erwartete Intensitätszunahme von Hitzeperioden und die mögliche Höhe von Sturmflutwasserständen. Die jeweiligen Spannweitengrenzen, die auf der Berücksichtigung weiterer Emissionsszenarios beruhen, stellen in vielen Fällen jedoch auch ein starkes Klimasignal dar. Ein Klimasignal wird dann als stark eingeschätzt, wenn die Veränderungen im Vergleich zur Referenzperiode groß sind (z. B. Anstieg der mittleren Temperaturen über 2°C oder Zunahme der Temperaturkentage über 30%). Im 2050-Szenario sind das z. B. die saisonalen Mitteltemperaturen im Herbst und Winter, die Anzahl der Temperaturkentage, die sommerlichen Niederschlagsmengen, die Anzahl der Starkregentage, die Schneeparameter und die Sturmtage. Das Klimasignal des 2085-Klimaszenarios ist mit Ausnahme der Jahresniederschlagsmenge durchgehend stärker als das des 2050-Szenarios, so dass die Expositionshöhe für die Region langfristig (bis 2100) größer ausfallen wird als mittelfristig (bis 2050). Die Anstiegsraten der oberen Spannweite für den mittleren Meeresspiegel und das mittlere Tidehochwasser stellen ebenfalls ein starkes Klimasignal dar, da sie sich im Vergleich mit dem säkularen Anstieg stark beschleunigen.

Aussagen über veränderte Intensitäten von **Extremereignissen** können aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien nur für Hitzeperioden und Sturmfluthöhen abgeleitet werden. Eine stärkere Klimaänderung als in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien beschrieben ist weiterhin aufgrund von selbstverstärkenden Rückkopplungsmechanismen (sog. Kipp-Element) und noch unbekanntem Prozessen im Klimasystem möglich. Damit sind für die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien Grenzen bezüglich der Aussagen über Extremereignisse zu konstatieren, obwohl die Klimaforschung eine Intensivierung solcher Ereignisse für wahrscheinlich hält. Diese Grenzen wirken sich auch auf alle Einschätzungen oder Bewertungen aus, die auf der Basis der Klimaszenarien getroffen werden, so dass die Vulnerabilitätshöhe eher unterschätzt wird. Eine kontinuierliche Beobachtung der Klimaänderungen und die Berücksichtigung des sich ständig weiter entwickelnden Klimawissens sind daher notwendig.

Sektorale Vulnerabilität

Die Ergebnisse der sektoralen VA zeigen, dass ohne Anpassung in den Sektoren „Menschliche Gesundheit“ durch die Zunahme von Hitzeperioden und Überschwemmungsgefahren, „Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz“ durch die Zunahme von Starkregenereignissen und Anstieg der Tidewasserstände, „Küstenschutz“ bei einem stark beschleunigten Wasserstandsanstieg sowie „Biodiversität und Naturschutz“ *mittel bis hohe* bzw. *hohe potenzielle Auswirkungen* zu erwarten sind. *Geringe, gering bis mittlere* oder *mittlere* potenzielle Auswirkungen ergeben sich

¹ Die aktuellen Daten der regionalen Klimamodelle wurden vom Climate Service Center (CSC) zur Verfügung gestellt und teilweise ausgewertet; die Spannweiten entstammen dem Norddeutschen Klimaatlas des Norddeutschen Klimabüros; die Daten für die Referenzperiode stellte der Deutsche Wetterdienst (DWD) bereit (s. im Anhang).

für die Sektoren „Bauwesen“, „Bodenschutz“, „Tourismuswirtschaft“, „Raumplanung“ sowie „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“. Auch für die Wertschöpfungsketten (WSK) der Ernährungswirtschaft (Milch-, Fisch-, Geflügel und Schweinefleischwirtschaft) sind nur *geringe* oder *mittlere* potenzielle Auswirkungen festzustellen, wobei generell die Auswirkungen in den vorgelagerten Wertsschöpfungskettenstufen (WSKS Vorproduktion und Produktion) höher ausfallen. Die potenziellen Auswirkungen für die WSKS der Energiewirtschaft (Roh-/Brennstoffversorgung, Logistik und Transport, Erzeugung, Verteilung und Speicherung, Energienachfrage/-anwendung) sind ebenso wie die Sensitivitätsdimensionen der Hafenwirtschaft & Logistik (Element betrieblicher WSK, strukturelle Verschiebung, Raumfunktion) eher *gering* oder *mittel*. Ausnahme sind die Kritischen Infrastrukturen, für die *hohe* Auswirkungen möglich erscheinen. Aus der Höhe der potenziellen Auswirkungen lassen sich Hinweise auf Anpassungserfordernisse und -notwendigkeiten ableiten. Nur in wenigen Sektoren (Tourismuswirtschaft) oder WSKS (Vorproduktion in der Milchwirtschaft) können positive Auswirkungen auftreten.

Die **Kapazität der Gesellschaft zur Klimaanpassung** hängt im hier verfolgten Vulnerabilitätskonzept (s. o.) von Erfahrungen mit wetter- bzw. klimabedingten Extremereignissen, vom Wissen über Klimawirkungen und Anpassungsnotwendigkeiten (Anpassungswissen) sowie von den technischen, personellen, finanziellen und organisatorischen bzw. institutionellen Ressourcen zum Umgang mit den Klimawirkungen (Anpassungsoptionen) ab. Zusätzlich spielt die gesellschaftliche Bereitschaft zur Anpassung (Anpassungsbereitschaft) und die natürliche Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme eine wichtige Rolle. Viele Anpassungsmaßnahmen und -optionen sind mit zusätzlichem Flächenbedarf verbunden.

Die Ergebnisse über die Anpassungskapazität des regionalen **politisch-administrativen Systems** (PAS) zeigen, dass Klimaanpassung bei den Raumplanungsorganen der Region aufgrund fehlender Handlungsspielräume noch nicht im Arbeitsalltag angekommen ist. Anpassungsaktivitäten im Bevölkerungsschutz konzentrieren sich bisher v. a. auf die Bundesebene. Da in beiden Bereichen die Problemsichten der Klimaanpassung noch nicht auf breiter Basis Einzug gehalten haben, während sich gleichzeitig im Bereich Ressourcen ausgeprägte Schwächen zeigen, ist nur von einer *mittleren* Anpassungskapazität des PAS auszugehen. Die Bereiche Wasserwirtschaft, Küsten- und Binnenhochwasserschutz, deren Aufgaben immer schon den Umgang mit Umweltveränderungen und Extremereignissen erforderten und wo ein Bündel unterschiedlicher Problemsichten und Lösungsvorschläge und in der Konsequenz ein hohes Maß an Handlungsoptionen vorzufinden ist, können als Vorreiter der Klimaanpassung angesehen werden und besitzen daher eine *hohe* institutionelle Anpassungskapazität, sofern die heutigen Strategien auch unter Klimawandelbedingungen geeignet bleiben. Sollten neue Strategien notwendig werden, was bei Annahme eines stark beschleunigten Wasserstandsanstiegs langfristig im Küstenschutz für notwendig gehalten wird, so wird die institutionelle Anpassungskapazität insgesamt als *gering bis mittel* eingeschätzt.

Verbessert wird die regionale **institutionelle Anpassungskapazität** durch eine gute Kooperation zwischen Bremen und Niedersachsen, welches die Bewältigung von Klimafolgen erleichtert. Die mangelnde Berücksichtigung unterschiedlicher Klimafolgen für soziale Gruppen, eine Verkürzung der komplexen und vielfältigen Klimafolgen auf den Anstieg des Meeresspiegels und eine ausbaufähige Bürgerbeteiligung in der Region reduzieren hingegen die Anpassungskapazität. Zu betonen ist, dass das Politikfeld Klimaanpassung ein vergleichsweise junges ist und Prozesse des Wandels erst am Anfang stehen, die vom weiteren Handlungsdruck beeinflusst und von den Akteuren im Politikfeld (darunter Medien), den verfügbaren instrumentellen Optionen und der institutionellen Einbindungen bestimmt werden.

Zusammenfassend hat die qualitative Einschätzung der heutigen **Anpassungskapazität** für den Küstenschutz bei einem stark beschleunigten Wasserstandsanstieg (anders als bei einem moderaten Anstieg) ebenso *gering bis mittel* ergeben wie in der WSKS „Produktion Milchwirtschaft“, „Vorproduktion Geflügelwirtschaft“ sowie „Vorproduktion und Produktion Schweinefleischwirtschaft“. In allen anderen Sektoren und WSKS wird die Anpassungskapazität als *mittel*, *mittel bis hoch* oder *hoch* eingeschätzt. In den Sektoren „Menschliche Gesundheit“ (Hitzewarnsysteme, Verhaltensinformationen), „Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz“ (Hochwasserrückhaltebecken) oder „Küstenschutz“ (Deichverstärkung) haben Klimaanpassungsprozesse bereits begonnen.

setzung zu beobachten sind. Zusätzlich sind die potenziellen Auswirkungen aufgrund der Zunahme von Starkregenereignissen und höherer Binnenwasserabflüsse insbesondere für die städtischen Räume mittel bis hoch.

Für den sektorübergreifenden Bereich **Raumplanung** wird die Vulnerabilität als *mittel* eingeschätzt, da deutliche klimawandelbedingte Herausforderungen für die Aufgabenbereiche „Schutz von Siedlungsräumen vor Extremwetterereignissen“, „Vorsorge für Biodiversität und Naturschutz“, „Wassermanagement und Schutz von Wasserressourcen“ sowie „Flächen- und Risikovorsorge für den Binnenhochwasser- und den Küstenschutz“ entstehen. Zusätzlich müssen hier planerische Entscheidungen legislativ abgesegnet werden, so dass nur bei entsprechend ausgeprägtem Bewusstsein und Willen der politischen Entscheidungsträger eine proaktive und umsetzungsorientierte Rolle bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels möglich ist. Erst wenn das vergleichsweise neue Thema Klimaanpassung auch von der Politik entsprechend wahrgenommen und als wichtig erachtet wird, wird entsprechendes planerisches Handeln möglich. Weiterhin spielt im Hinblick auf die Umsetzbarkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen auch die öffentliche Akzeptanz eine wichtige Rolle. Sowohl Bewusstsein in der Politik als auch öffentliche Akzeptanz bzgl. Anpassungsmaßnahmen werden als verbesserungswürdig eingeschätzt.

Vergleichbar fällt die Vulnerabilitätsbewertung für den querschnittsorientierten Bereich des **Bevölkerungs- und Katastrophenschutz** aus: auch hier werden die potenziellen Auswirkungen und die Anpassungskapazität und damit die Vulnerabilität als *mittel* eingeschätzt. Dieses liegt zum einen an der möglichen Zunahme von Stark- bzw. Extremereignissen und den höheren Anforderungen an den Schutz der Kritischen Infrastrukturen. Zum anderen aber auch an der Einschätzung der Akteure (Katastrophenschutzbehörden und Feuerwehr), die von einem heutigen hohen und mittelfristig bestehenden Schutzniveau des Bevölkerungsschutzes in der MPR HB-OL überzeugt sind. Dementsprechend stellt sich die Frage nach Anpassungsnotwendigkeiten für sie nicht dringend und es wird auf die noch verfügbare Zeit verwiesen, um Fragen der Anpassung zu klären. Dem liegt die nur in Teilen berechnete Überzeugung zugrunde, dass das eigene Aufgabenfeld als dynamisch genug angesehen wird, um die anfallenden Herausforderungen des Klimawandels zu bewältigen.

Von den betrachteten WSK der **Ernährungswirtschaft** ist die Milchwirtschaft am stärksten von klimatischen und natürlichen Prozessen in der Region abhängig, da ein größerer Anteil der Futtermittel aus der eigenen Herstellung stammt und die Tiere auf Weiden oder in offenen Ställen gehalten werden. Obwohl die eher moderaten Klimaänderungen in der Region zu keinen starken Nachteilen für die Milchwirtschaft führen, verursachen sozioökonomische Aspekte wie der starke Strukturwandel, die Ausrichtung auf eine hohe Milchleistung wenig „robuster“ Rinderrassen und zunehmende Flächenkonkurrenzen zu einer erkennbaren, aber geringen Vulnerabilität. WSKS wie die Weiterverarbeitung und der Lebensmitteleinzelhandel sind für alle Bereiche der Ernährungswirtschaft nur gering von klimatischen Veränderungen betroffen. Ihr Handeln ist aber – ebenso wie veränderte politische Rahmenbedingungen – bestimmend für die WSK insgesamt. Allen WSK ist gemein, dass sie einer wachsenden Gefahr von Lieferverzögerungen oder Lieferunterbrechungen (u. a. aufgrund vermehrter Extremwetterereignisse) sowie Kostensteigerungen insbesondere durch höhere Kühlanforderungen durch heißere Sommer ausgesetzt sind. Gleichzeitig können abnehmende Frosttage Chancen für die regionale Ernährungswirtschaft beinhalten, da u. a. weniger Heizkosten entstehen und die Logistik weniger durch widrige winterliche Transportverhältnisse eingeschränkt wird.

Die Vulnerabilität der betrachteten WSK der **Energiewirtschaft** stellt sich folgendermaßen dar: In der WSK „Strom“ sind die WSKS „Stromerzeugung und -verteilung“ und „Brennstoffversorgung“ im Bereich der Biomasse besonders verletzlich. Die Vulnerabilität der Rohstoffversorgung, dem Bereich „Logistik/Transport“ von Erdgas und Kohle und der Kälteanwendung ist geringer. Die Vulnerabilität des dezentralen Lastmanagements als Teil der „Stromanwendung“ fällt am geringsten aus. In der WSK „Gas“ wird die Vulnerabilität der WSKS Rohstoffversorgung und der Bereich „Logistik/Transport“ von Erdgas geringer eingeschätzt, als die Vulnerabilität der leitungsgebundenen Verteilung von Gas. Für die WSK „Fern-/Nahwärme“ ist durch den vermehrten Einsatz von Biomasse als Brennstoff bei der Brennstoffversorgung die Vulnerabilität mittel bis hoch. Die Anwendungsseite dieser WSK wird als wenig verletzlich angesehen und hier eröffnen sich Chancen durch die Nutzung von Wärmequellen im Bereich von Kälteanwendungen.

Die VA der Energiewirtschaft zeigt, dass die sichere Versorgung mit Energie (direkte Systemdienstleistung) kurzfristig (bis 2015) nur bedingt gefährdet ist. Mittelfristig (bis 2050) sind vor allem durch verschiedene Regulierungseffekte und das Alter der Infrastrukturen in Kombination mit einem erhöhtem Anteil erneuerbarer Energien und einem noch unklaren Fortschritt im Ausbau der Netze eine Vielzahl von Faktoren vorhanden, die sich zusammen ungünstig auf die sichere Versorgung mit Energie auswirken können; bei allerdings derzeit sehr stabilen und verlässlichen Versorgungsstrukturen. Als problematisch könnte sich erweisen, dass weite Teile der Gesellschaft heute über wenig Erfahrungswissen im Umgang mit Störungen verfügen und alle gesellschaftlichen Prozesse stark von der Verfügbarkeit von Energie abhängen. Zusätzlich können im Bereich der Energieversorgung Interessenskonflikte die Erfüllung der Qualitätsansprüche an die Systemdienstleistungen beeinträchtigen (wie z. B. das Qualitätskriterium „gesellschaftliche Akzeptanz“). So ist bei den Themen Netzausbau und Anteil von erneuerbaren Energien am Gesamtstrommix sowie die mit diesen beiden zusammenhängenden Flächennutzungskonflikte und letztendlich auch die Energie-Preisentwicklung in der Zukunft mit teilweise erheblichen gesellschaftlichen Auseinandersetzungen zu rechnen, welche durch den voranschreitenden Klimawandel deutlich verschärft werden und wodurch Anpassungsoptionen blockiert werden könnten.

Die Vulnerabilität der **Hafenwirtschaft & Logistik** wird dadurch bestimmt, dass es für die Anpassung von Werten und Gebäuden zwar zahlreiche Möglichkeiten gibt, für die aber noch kein konkreter Handlungsbedarf gesehen wird. Eine Sensibilisierung der betroffenen Akteure ist aber vorhanden. Es kann davon ausgegangen werden, dass mittelfristig (bis 2050) einzelne Schäden an Gebäuden und Werten vermieden werden können und sich somit die Vulnerabilität verringert. Für die Verkehrs- bzw. Hafeninfrastrukturen, wo Schäden zum Ausfall ganzer Transportketten führen können, ist zwar bereits ein hoher Standard etabliert, jedoch ist eine Anpassung durch schwierige Regulierungs- und Finanzierungsmöglichkeiten eingeschränkt, was die Vulnerabilität erhöht. Regionale und globale klimatische Veränderungen können indirekt zu individuellen und sektoralen wirtschaftlichen Einbußen aufgrund des Verlustes von zentralen Akteuren und Transportketten führen, die zwar durch regionale Wirtschaftsförderung und Netzwerkbildung abgeschwächt, aber durch die derzeitigen Anpassungskapazitäten nicht vermieden werden können. Als Konsequenz können klimatische Veränderungen auch einen Verlust der Raumfunktion mit ökonomischen und sozio-strukturellen Folgen für die Region nach sich ziehen, denen jedoch durch die hohe regionalstrategische Aufmerksamkeit für die Logistik in der Region entgegengewirkt wird. Allerdings haben sich die vielseitigen Mehrebenenbeziehungen und die daraus resultierenden Abhängigkeiten zwischen der Region, den Ländern und dem Bund/der EU sowie das Zusammenspiel verschiedener Governanceformen als problematisch vor dem Hintergrund sich verstärkender Nutzungs- und Zielkonflikte herausgestellt, so dass eine eingeschränkte Anpassungskapazität zu einer mittleren Vulnerabilität in der Hafenwirtschaft & Logistik führt.

Regionale Vulnerabilität

Die globalen Wirkungen des Klimawandels auf die vier betrachteten Wirtschaftssektoren innerhalb der MPR HB-OL sind unterschiedlich. Insbesondere der Sektor Hafenwirtschaft & Logistik ist aufgrund seiner globalen Ausrichtung und starken internationalen Vernetzung höher vulnerabel gegenüber den Klimawirkungen in anderen Weltregionen. Ernährungs- und Energiewirtschaft sind in Teilen ebenfalls global vernetzt (z. B. Futtermittel- und Brennstoffimporte), wobei jedoch z. T. regionale WSK bedeutsam sind. Die Tourismuswirtschaft agiert ebenfalls global, allerdings werden sich nachteilige Klimawirkungen in den heute begünstigten europäischen Destinationen vermutlich nur gering auf die MPR HB-OL rückwirken.

Die globalen Folgen des Klimawandels mit ihren vielfältigen möglichen Wirkungen auf die MPR HB-OL insgesamt können nur für ausgewählte Aspekte abgeschätzt werden. Die Vernetzungen innerhalb der globalen Märkte haben dabei – trotz diverser noch unbekannter Einflussfaktoren – voraussichtlich einen für die MPR HB-OL vulnerabilitätserhöhenden Effekt. Zwar können die komplexen Vernetzungen der global ausgerichteten Wertschöpfungsketten die Vulnerabilität z. B. durch Redundanzen in den Lieferbeziehungen oder der Ersetzbarkeit einzelner Lieferanten oder Abnehmer auch reduzieren, da aber die Einflussmöglichkeiten der regionalen Akteure auf globale Aspekte deutlich eingeschränkt sind, überwiegen voraussichtlich die vulnerabilitätserhöhenden Aspekte.

Auch die Wechselwirkungen zwischen den Sektoren können die Vulnerabilität der Region erhöhen, in dem Anpassungsmaßnahmen erschwert werden. So verschärft insbesondere der aus den Anpassungserfordernissen resultierende Flächenbedarf **Zielkonflikte und Flächennutzungskonkurrenzen** zwischen den Sektoren.

Insgesamt muss jedoch deutlich herausgestellt werden, dass die veränderten Klimabedingungen nur einen Einflussfaktor von mehreren darstellen. In vielen Fällen werden sicherlich die nicht-klimawandelbedingten Veränderungen in den globalen Märkten und Randbedingungen die klimawandelbedingten zumindest kurz- bis mittelfristig dominieren. Der Klimawandel muss deshalb von den Akteuren als ein weiterer Faktor bei den Anpassungsprozessen an sich ändernde Randbedingungen berücksichtigt werden.

In der MPR HB-OL können drei räumliche Bereiche unterschieden werden, für die spezifische Klimawirkungen mit spezifischen resultierenden Vulnerabilitäten charakteristisch sind:

- Im **Küsten- und Ästuarbereich** sind aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten besonders die Klimawirkungen durch den Anstieg der Wasserstände und der Veränderungen des Niederschlagsregimes relevant. Die bereits heute bestehenden Konflikte zwischen Küstenschutz, Wassermanagement, Naturschutz, Landwirtschaft, Tourismuswirtschaft, Hafenwirtschaft, Industrie und Gewerbe sowie der infrastrukturellen und städtebaulichen Entwicklung werden sich daher durch folgende raumwirksamen Anpassungserfordernisse voraussichtlich verschärfen: Verstärkung der Küstenschutzelemente, Umsetzung raumbezogener Küstenschutzstrategien, Zulassung natürlicher Dynamik für die Watten- und Vordeichlebensräume, Speicherung und Retention von Niederschlagswasser, Ausbau der touristischen Infrastruktur sowie der Energieinfrastruktur für Offshore-Windparks.
- Der **ländliche Raum** wird intensiv zur Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte genutzt; die Produktion wird unmittelbar durch klimawandelbedingte Veränderungen der Temperatur, des Niederschlags und der klimatischen Wasserbilanz beeinflusst. Bereits heute besteht eine Flächenkonkurrenz zwischen der Nahrungsmittelerzeugung, der sich aus Klimaschutzbemühungen (z. B. Ausbau der Biomassenutzung zur Erzeugung von Strom, Wärme und Biokraftstoffen) ergebenden Produktion, Naturschutz sowie Sicherung der Ressourcen Boden (z. B. Bodenversiegelung und -bearbeitung) und Wasser (z. B. Wasserrückhalt, Grundwasserneubildung). Diese Konkurrenz wird sich unter den Bedingungen des Klimawandels und den erforderlichen Anpassungsmaßnahmen absehbar verschärfen.
- Für die **städtischen Räume** sind aufgrund der Akkumulation von Menschen und Werten besonders Auswirkungen durch extreme Ereignisse (Hitzeperioden, Starkregen, Hochwasser) bedeutsam. Zielkonflikte entstehen zwischen dem Leitbild „Kompakte Stadt“ und einer Siedlungsentwicklung, die Freiflächen zur Reduzierung von Hitzeinselseffekten und zur Rückhaltung von Niederschlägen offen hält. Flächennutzungskonkurrenzen resultieren aus der für Klimaanpassung erforderlichen Schaffung von Kalt- und Frischluftentstehungsgebieten, Luftaustauschbahnen, Versickerungs- und Rückhalteflächen für Niederschlag, Flächenentsiegelung, Errichtung und Verstärkung von Hochwasserschutzbauwerken sowie Freihaltung und Rückgewinnung von Retentionsraum.

Neben den die Vulnerabilität erhöhenden Zielkonflikten und Flächenkonkurrenzen können Anpassungsmaßnahmen und -strategien, die in mehreren gesellschaftlichen Bereichen den Umgang mit den potenziellen Auswirkungen des Klimawandels ermöglichen, die Vulnerabilität der MPR HB-OL auch reduzieren. Vulnerabilitätsreduzierende **Synergieeffekte** ergeben sich z. B. aus sektorübergreifender Berücksichtigung rechtlicher Anforderungen (EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie, EG-Wasserrahmenrichtlinie), Verwaltungsgrenzen übergreifende Kooperationsformen und partizipativ entwickelter Konzepte für multifunktionale Küstenschutz zonen und nachhaltige Landnutzungsformen. Zusätzlich ergeben sich hieraus auch **Chancen** für die Region, da synergetisch wirkende Strategien zur gemeinsamen Konfliktbewältigung nicht nur der Probleme des Klimawandels führen. Chancen ergeben sich auch hinsichtlich der

Gestaltung einer resilienten Region, die sich weniger anfällig gegenüber Störereignissen allgemein zeigt und in der daher auch im Klimawandel weniger Schäden auftreten.

Synergetisch wirkende Anpassungsmaßnahmen sind z. B.:

- Maßnahmen und Strategien zur Sicherung und Entwicklung von **Ökosystemdienstleistungen**, um damit sowohl die natürliche Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme zu stützen als auch den unmittelbaren Nutzen für den Menschen zu erhalten. Hierzu gehören im Küsten- und Ästuarbereich z. B. Wiederanbindung der Flussaue und Öffnung von (Sommer-) Deichen; technische Unterstützung des Mitwachsvermögens der Deichvorländer; im ländlichen Raum z. B. Renaturierung von Feuchtgebieten und bodenschonende Bearbeitung; im städtischen Raum z. B. Schaffung von Grünflächen zur Kühlung und Niederschlagsspeicherung/-versickerung. Die Vulnerabilitätsanalyse hat die Abhängigkeit vieler Sektoren von den Ökosystemdienstleistungen deutlich gemacht.
- Maßnahmen zum Erhalt bzw. zur Anpassung der (langlebigen) **Kritischen Infrastrukturen** (Küstenschutzbauwerke, Energienetze, Netze für Kommunikation usw.).
- Maßnahmen und Strategien für sektorübergreifende **Kooperationsformen** zur Behandlung und Lösung heutiger und zukünftiger (verstärkt auftretender) Konflikte: im Küsten- und Ästuarbereich z. B. durch Integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM) und Konzepte für multifunktionale Küstenschutzzonen; im ländlichen Raum z. B. Strategien für nachhaltiges Landmanagement und nachhaltige Landbewirtschaftung; im städtischen Raum z. B. integrierte Stadtentwicklung.

Konsequenzen für eine regionale Klimaanpassungsstrategie

Die Vielzahl der von Klimawirkungen betroffenen Sektoren und die komplexen Wechselwirkungen zwischen ihnen erfordern einen integrierten Ansatz für eine Klimaanpassungsstrategie. Eine solche Anpassungsstrategie muss das Ziel haben, die Vulnerabilität natürlicher, sozialer und wirtschaftlicher Systeme gegenüber Klimawirkungen zu mindern und gleichzeitig die Anpassungsfähigkeit dieser Systeme sowie die Ausnutzung möglicher Chancen zu erhöhen. Aus den Erkenntnissen der regionalen Vulnerabilitätsanalyse lassen sich Hinweise für die Entwicklung einer integrierten Anpassungsstrategie ableiten, die frühzeitig in einem strukturierten Anpassungsprozess berücksichtigt werden müssen. Die besondere Herausforderung jeder Anpassungsstrategie an den beschleunigten Klimawandel liegt dabei im Spannungsfeld zwischen (teurem) „zu viel; zu früh“ und (gefährlichem) „zu wenig; zu spät“. Die Berücksichtigung der folgenden Aspekte kann dazu beitragen, dass in einer Anpassungsstrategie beide Seiten angemessen berücksichtigt werden:

1. Klimaanpassung ist als **querschnittsorientierter und langfristiger Prozess** zu verstehen und anzulegen, der die Langfristigkeit des Klimawandels angemessen in Entscheidungsprozessen verankert und dabei Vorsorgeaspekte berücksichtigt. Hierzu gehören auch Dialog- und Beteiligungsprozesse, die Transparenz schaffen und Kooperation ermöglichen. Solche Prozesse können durch ein integriertes Risikomanagement der Klima- und Anpassungsfolgen befördert werden, deren Ergebnisse in allen Planungen und Entscheidungen zur Vermeidung von Nutzungs- und Zielkonflikten Eingang finden sollten (integrierte Ansätze wie „climate adaptation mainstreaming“ und „climate proofing“).
2. Festlegung von **Kriterien zur Priorisierung** von Anpassungsmaßnahmen und Anpassungsstrategien, die auf den Erkenntnissen der Vulnerabilitätsanalyse bezüglich der Notwendigkeit und Dringlichkeit für Klimaanpassung basieren, ist ein essentieller Arbeitsschritt bei der Entwicklung einer regionalen Anpassungsstrategie. Eine solche Kriterien berücksichtigende regionale Klimaanpassungsstrategie, die auch Synergien der Klimaanpassung und Chancen hervorhebt, kann die Handlungsoptionen in der Region auch gegenüber heutigen Problemen verbessern und zu einer nachhaltigen Entwicklung unter Klimawandelbedingungen beitragen.

3. **Handeln unter „Unsicherheitsbedingungen“** ist zu ermöglichen bzw. zu verbessern, indem auf flexible, nachsteuerbare Anpassungsmaßnahmen gesetzt wird. Für diese sollte ein kontinuierliches Monitoring des Klimawandels, der Klimawirkungen und des Erfolgs bzw. der Wirksamkeit von Anpassung implementiert werden. Hierzu sind insbesondere auch sog. Maßnahmen ohne Reue („no regret“-Maßnahmen) als Startpunkt für Anpassungsbemühungen geeignet, da sie auch relativ unabhängig vom Verlauf des Klimawandels gesellschaftlichen Nutzen erzielen können (Flexibilität und Resilienz).

1. Einleitung

Bastian Schuchardt, Stefan Wittig

Wie verwundbar eine Region durch den Klimawandel ist, hängt wesentlich von zwei unterschiedlichen Faktoren ab: zum einen davon, wie stark die möglichen Auswirkungen durch die projizierten Klimaänderungen sind, zum anderen davon, wie die Fähigkeit der Gesellschaft entwickelt ist, sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Beides ist im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse (VA) für ausgewählte Sektoren, Handlungsbereiche und Wirtschaftskluster in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) im Nordwesten untersucht worden. Die Ergebnisse zeigen, welche Sektoren wie stark gefährdet sind und wo es einen höheren oder einen geringeren Anpassungsbedarf gibt. Damit stellt die VA eine Grundlage für die Entwicklung einer regionalen Anpassungsstrategie dar.

In der VA ist das Wissen über regionale Klimawirkungen anhand sog. Wirkpfade des Klimawandels auf die heutige Situation regional bedeutsamer Sektoren zusammengetragen worden. Zusätzlich zu diesen Recherchen und Analysen konnten Erkenntnisse aus abgeschlossenen Klimafolgenforschungsprojekten sowie Befragungen von Unternehmen und Entscheidungsträgern aus der Region genutzt werden. Die Ergebnisse stellen einen Überblick der erwarteten regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf den Naturraum und die sozioökonomische Situation dar und zeigen den Anpassungsbedarf in einer mittelfristigen (bis 2050) und einer langfristigen Perspektive (über 2050 hinaus – bis 2100) auf. Sie liefern darüber hinaus Hinweise auf mögliche Konflikte zwischen einzelnen Sektoren, die sich durch die Anpassungserfordernisse ergeben. Die Ergebnisse bilden einen zentralen Ausgangspunkt für die weitere Arbeit in ‚nordwest2050‘ in Richtung einer Roadmap of Change für die Region.

Der vorliegende Synthesebericht fasst die Ergebnisse der sektorspezifischen VA zusammen und stellt sie vergleichend dar. Die Ergebnisse sind von folgenden im Arbeitsbereich (AB) „Vulnerabilitätsanalyse“ beteiligten Teams (mit Unterauftragnehmern) erhoben worden (s. a. Abbildung 2; Kontaktinformationen finden sich im Anhang):

- Team BioConsult: Klimaszenarienerstellung und VA Region (BioConsult Schuchardt & Scholle GbR);
- Team Fichter: Theorieentwicklung und Innovationspotenzialanalyse (Universität Oldenburg – CENTOS);
- Team Flitner: VA Governance der Region (Universität Bremen – artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit);
- Team Müller: Methode für vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse und VA Ernährungswirtschaft (Universität Oldenburg – CENTOS);
- Team Osthorst: VA Hafenwirtschaft & Logistik (Hochschule Bremen; mit Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL));
- Team Pfriem: VA Ernährungswirtschaft (Universität Oldenburg – CENTOS);
- Team Siebenhüner: VA Governance der Region (Universität Oldenburg – CENTOS);
- Team von Gleich: VA Energiewirtschaft (Universität Bremen – artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit; mit Bremer Energie Institut (BEI));
- Team Weller: Nachfrageverhalten und Konsummuster (Universität Bremen – artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit).

Das Vorgehen für die VA richtet sich nach dem im AB VA entwickelten Vulnerabilitätskonzept für die klimawandelbezogene VA (s. Fichter et al. 2010; Schuchardt et al. 2011) und nach der Methodik für die vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse (VWSKA: s. Akamp et al. 2010). Für den Sektor Energiewirtschaft ist zusätzlich ein Konzept für eine strukturelle VA entwickelt und angewandt worden (s. hierzu Wachsmuth et al. 2011; Gabriel & Meyer 2010), welches

im vorliegenden Bericht nur für den Sektor Energiewirtschaft berücksichtigt wird. Die gewonnenen Ergebnisse stellen ein vertieften querschnittsorientierten Überblick über die erwarteten regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf Naturraum und sozioökonomische Situation der Metropolregion unter besonderer Berücksichtigung von Wechselwirkungen dar. Sie bilden einen zentralen Input für die anderen AB im Projekt ‚nordwest2050‘.

Im vorliegenden Bericht werden als erstes – basierend auf der in Schuchardt et al. (2011) erarbeiteten Methode für die VA – methodische Hinweise auf eine vergleichende Kategorisierung der Bewertungsmaßstäbe erarbeitet, die eine integrative bzw. zusammenfassende Beurteilung der regionalen Vulnerabilität ermöglichen sollen. Ziel einer solchen Kategorisierung ist eine vergleichbare Vorgehensweise für die spezifischen Vulnerabilitätsbewertungen.

Anschließend werden als zweites in Kurzform die Ergebnisse der beiden ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien aufgeführt, die die Expositionsdimension für die VA bestimmen. Hier wird auch der Frage nachgegangen, wie die Klimasignale der regionalen Klimaszenarien einzustufen sind und welche Aussagen bezüglich starker oder extremer Klimaänderungen getroffen werden können.

Daran schließen sich als drittes die Bewertungsergebnisse für die betrachteten Sektoren bzw. Handlungsbereiche und Wirtschaftscluster als Zusammenfassung der jeweiligen VA an (die vollständigen Beschreibungen der sektoralen VA finden sich in Akamp & Schattke 2011; Beermann 2011a; Mesterharm 2011; Osthorst & Mänz 2012; Schuchardt et al. 2011; Wachsmuth et al. 2011). Hierzu gehören die Bewertung bzw. Einschätzung der potenziellen Auswirkungen, der Anpassungskapazität und der daraus abgeleitet Vulnerabilität.

Auf der Basis der zusammenfassenden Darstellung der Vulnerabilitätsbewertungen können dann einerseits Aussagen zu vordringlichen Vulnerabilitätsbereichen oder -aspekten getroffen werden, für die prioritär Handlungsbedarf für Anpassung erforderlich sein kann, um sowohl die Risiken zu reduzieren als auch Chancen zu nutzen. Andererseits ist es so auch möglich, Bereiche und Aspekte zu identifizieren, in denen Anpassung nicht vordringlich erscheint. Die integrative Vulnerabilitätseinschätzung ermöglicht somit in Teilen auch eine Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen, v. a. hinsichtlich einer zeitlichen Beurteilung für den Beginn von Anpassungsmaßnahmen und/oder -strategien.

Die im Rahmen der spezifischen VA (Sektoren, Handlungsbereich, Wirtschaftscluster) durchgeführte Voruntersuchung zur Identifizierung relevanter Wirkpfade des Klimawandels und der Bewertungsschritte für die Vulnerabilität hat deutlich werden lassen, dass es eine Reihe von Schnittstellen zwischen den Arbeitspaketen der VA in ‚nordwest2050‘ gibt und zusätzlich die VA gemeinsame Charakteristika aufweist. Hierzu gehören:

- Grenzen der Klimaszenarien: Projektionen für Extremereignisse (s. Kap. 5.1);
- globale Folgen des Klimawandels mit Wirkungen auf die Wirtschaftssektoren der MPR HB-OL (s. Kap. 5.2);
- Konfliktkonstellationen und Synergieeffekte als Folge von Klimaanpassung (s. Kap. 5.3);
- Governance der Region (s. Kap. 5.4);
- Nachfrageverhalten und Konsummuster (s. Kap. 5.5).

Im Anschluss daran werden im Kap. 6 die Risiken und Chancen, die in den sektoralen VA identifiziert worden sind, zusammenfassend dargestellt.

Kap. 7 wird dann auf der Basis der VA-Ergebnisse als Ausblick auf ausgewählte Aspekte bezüglich der Frage, was für Anpassungshandeln wichtig und notwendig erscheint und welche Empfehlungen für die Umsetzung der zu entwickelnden regionalen Klimaanpassungsstrategie gegeben werden können, eingehen.

2. Konzept und Methode für die Analyse der Vulnerabilität

Stefan Wittig, Bastian Schuchardt, Tim Bildstein

Ausmaß und räumliche Ausprägung der Auswirkungen des Klimawandels hängen von der Vulnerabilität, d. h. von der Verletzlichkeit oder Verwundbarkeit einer Region, eines Sektors bzw. Handlungsbereichs oder eines Wirtschaftsklusters gegenüber den möglichen Klimaänderungen ab. Zur Bewältigung der Wirkungen des Klimawandels stellt fundiertes Wissen über die Vulnerabilität daher eine wichtige Voraussetzung dar, um Bedarf und Dringlichkeit von Anpassungsmaßnahmen einschätzen, Maßnahmen planen sowie die hierfür notwendigen Ressourcen bereitstellen zu können.

Die regionale Analyse und Bewertung der Vulnerabilität gegenüber den Folgen des Klimawandels ist eine wichtige Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung einer integrierten Klimaanpassungsstrategie in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL). Aus einer solchen Vulnerabilitätsanalyse (VA) lassen sich die gesellschaftlichen Anpassungsanforderungen und -prioritäten sowie die Handlungsoptionen zur Durchführung gezielter Anpassungsmaßnahmen für die ausgewählten Sektoren bzw. Handlungsbereiche sowie die Cluster (Energiewirtschaft, Ernährungswirtschaft, Hafengewirtschaft & Logistik) in der MPR HB-OL ableiten.

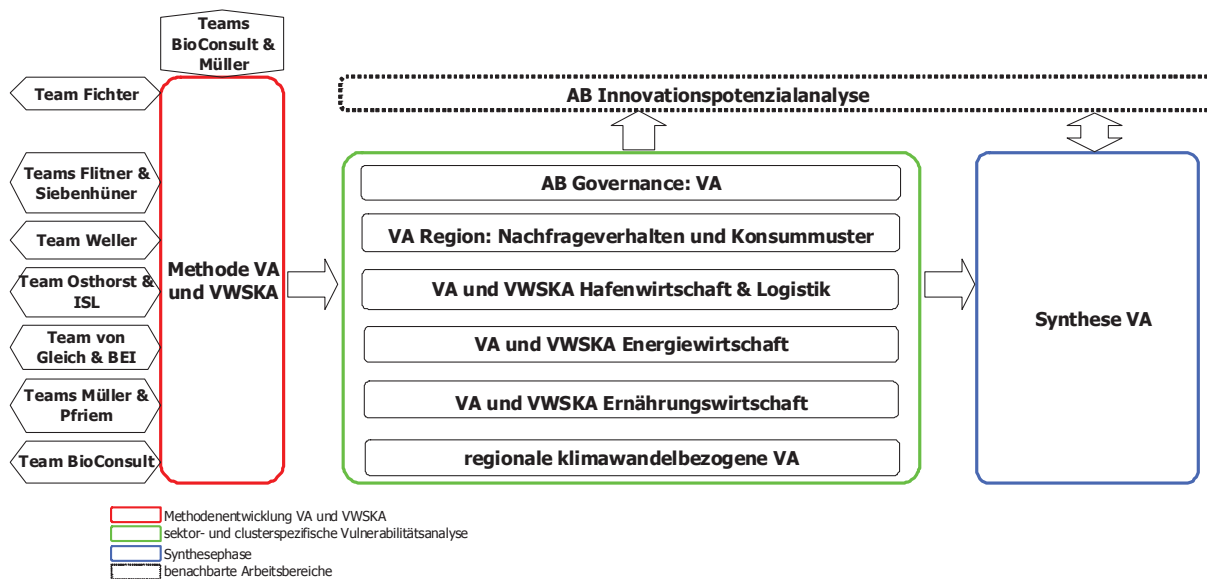


Abbildung 2: Übersicht über den Arbeitsbereich (AB) Vulnerabilitätsanalyse (VA) mit den beteiligten Teams (VWSKA = vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse; ISL = Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik; BEI = Bremer Energie Institut; eigene Darstellung)

Im Folgenden wird zunächst das dem AB VA von ‚nordwest2050‘ zugrundeliegende Vulnerabilitätskonzept vorgestellt und anschließend das methodische Vorgehen und die Operationalisierung der Vulnerabilitätsanalyse beschrieben.

2.1 Konzept der Vulnerabilitätsanalyse

Die VA stellt die analytische Grundlage für die weiteren Arbeitsbereiche innerhalb von ‚nordwest2050‘ dar und ist somit ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zu einer regionalen Klimaanpassungsstrategie. Hierzu ist im Verbundprojekt der Arbeitskreis Vulnerabilitätsanalyse (AK VA: s. Abbildung 2) eingerichtet worden, in dem unter Leitung von BioConsult mit den drei Wirtschaft-

sclustern Energiewirtschaft, Ernährungswirtschaft sowie Hafenwirtschaft & Logistik gemeinsam ein Konzept für die VA und die vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse (VWSKA) erarbeitet worden ist (s. Abbildung 3). Dieses wird in allen an der VA beteiligten Arbeitspaketen bzw. Teilprojekten weitgehend umgesetzt.

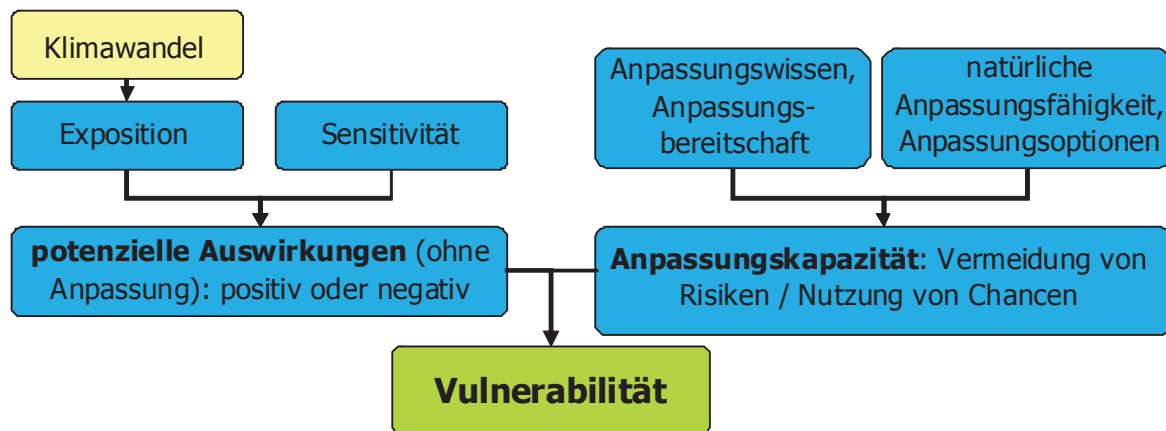


Abbildung 3: Konzept der regionalen klimawandelbezogenen VA (verändert nach EEA 2008 und Europäische Kommission 2009).

Das Konzept der regionalen klimawandelbezogenen VA in ‚nordwest2050‘ betrachtet die Vulnerabilität als Funktion von Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität. Funktion ist dabei nicht als mathematisch definierte Verrechnungsfunktion zu verstehen, sondern im Sinne von funktionalen Wechselwirkungen zwischen den Bestandteilen des Konzepts (s. z. B. Brooks 2003; Smit & Wandel 2006). Es können somit folgende Bestandteile differenziert werden:

- **Klimawandel** umfasst die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien beschriebenen möglichen Veränderungen klimatischer Parameter (inklusive unmittelbar nachgelagerte Veränderungen wie z. B. Anstieg von Meeresspiegel und Sturmflutwasserständen sowie Wassertemperaturänderung);
- **Exposition** beschreibt die Veränderungen der auf ein System (Sektor, Handlungsbereich, Wirtschaftscluster) einwirkenden klimatischen Parameter sowie daraus resultierende unmittelbar nachgelagerte Effekte (z. B. Veränderungen im Abflussregime, der Morphodynamik im Küstenvorfeld oder der klimatischen Wasserbilanz);
- **Sensitivität** beschreibt die heutige Empfindlichkeit eines Systems (Sektors, Handlungsbereichs, Wirtschaftsclusters) gegenüber den aktuellen Klimabedingungen unter Berücksichtigung seiner natürlichen und/oder sozioökonomischen Struktur;
- **potenzielle Auswirkungen** ergeben sich aus der Kombination von Exposition (also der Größenordnung der Veränderungen einwirkender Klimaparameter) und Sensitivität eines Systems (Sektors, Handlungsbereichs, Wirtschaftsclusters) ohne Berücksichtigung zusätzlicher, als Reaktion auf den Klimawandel unternommener Anpassungsmaßnahmen;
- **Anpassungskapazität** berücksichtigt neben der natürlichen Anpassungsfähigkeit das Wissen über Anpassungsstrategien und -maßnahmen, die technische, institutionelle oder organisatorische Fähigkeit eines Systems (Sektors, Handlungsbereichs, Wirtschaftsclusters) zur Planung, Vorbereitung, Unterstützung und Umsetzung von Handlungsmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sowie die Anpassungsbereitschaft;
- Die **Vulnerabilität** (Verwundbarkeit, Verletzlichkeit) eines Systems (Sektors, Handlungsbereichs, Wirtschaftsclusters) ergibt sich aus der kombinierten Betrachtung der vorherigen Bestandteile.

Im Cluster Energiewirtschaft wird die Vulnerabilität neben der klimawandelbezogenen Betrachtungsweise auch ohne Bezug auf spezifische auslösende Ereignisse, im Sinne einer allgemeinen Schwachstellenanalyse betrachtet: sog. strukturelle Vulnerabilitätsanalyse. Die Beschreibung der entsprechenden Methode findet sich in Fichter et al. (2010); die vollständigen Ergebnisse sind in Wachsmuth et al. (2011) dargestellt und finden sich in Kurzform in Kap. 4.8.

2.2 Methode und Operationalisierung der Vulnerabilitätsanalyse

Auf der Basis des dargestellten Konzepts werden für das methodische Vorgehen der VA die in der Abbildung 4 dargestellten Analyseschritten als Meilensteine für die Entwicklung einer regionalen Klimaanpassungsstrategie durchgeführt:

- Voruntersuchung bzw. Thesenbildung zur Identifizierung der Wirkpfade des Klimawandels (dargestellt in Schuchardt et al. 2011);
- Beschreibung der regionalen Bedeutung und Situation der Sektoren für die MPR HB-OL (klimawandelfokussierte Systemanalyse; ausführlich dargestellt in Akamp & Schattke 2011; Beermann 2011a; Garrelts et al. 2011; Mesterharm 2011; Osthorst & Mänz 2012; Schuchardt et al. 2011; Wachsmuth et al. 2011);
- Abstimmung und Erstellung regionaler Klimaszenarien (sog. ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien: s. Schuchardt et al. 2010a und 2010b);
- sektorale klimawandelbezogene VA (s. Kap. 4.1 bis Kap. 4.12):
 - Exposition
 - Sensitivität
 - potenzielle Auswirkungen
 - Anpassungskapazität
 - Vulnerabilitätsbewertung
- Synthese zur regionalen Vulnerabilität als zusammenfassende Darstellung der sektoralen VA-Ergebnisse für die Sektoren, Handlungsbereiche und Wirtschaftscluster (vorliegender Bericht).

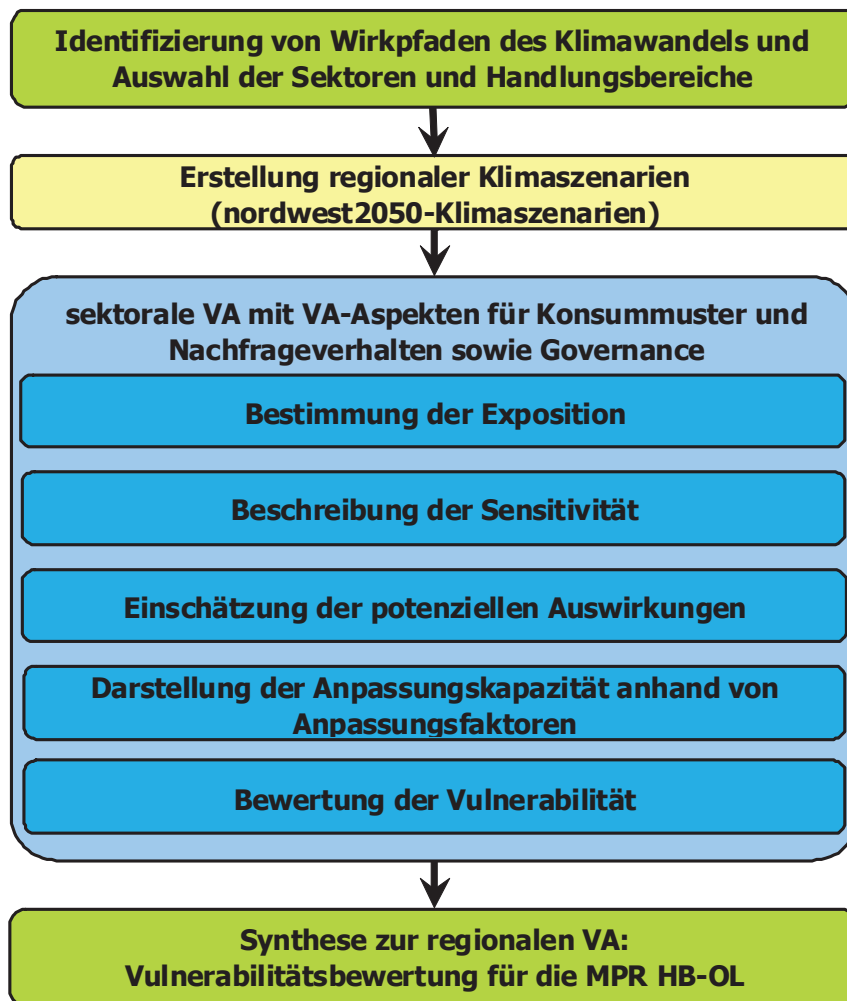


Abbildung 4: Übersicht über das methodische Vorgehen für die Synthese der VA (eigene Darstellung)

Die Operationalisierung der einzelnen Analyseschritte ist im Bericht zur regionalen VA detailliert dargestellt (s. Schuchardt et al. 2011). Im vorliegenden Bericht wird v. a. auf das Vorgehen in den Bewertungsschritten – Bewertung der potenziellen Auswirkungen, der Anpassungskapazität und der Vulnerabilität – eingegangen.

2.2.1 Methoden der Informationsgewinnung

Die Informationsgewinnung für die Vulnerabilitätsanalysen erfolgt auf zwei Wegen: einerseits wird für die Sektoren bzw. Handlungsbereiche und Wirtschaftscluster ein „objektivistischer“ Ansatz gewählt, andererseits wird für die drei Wirtschaftscluster, die Governanceanalysen und die Analysen über das regionale Konsumverhalten ergänzend auch ein „subjektivistischer“ Ansatz durchgeführt (vgl. Stock 2005; Zebisch et al. 2005). Während der objektivistische Ansatz mehr auf die naturräumliche und technische Dimension der Vulnerabilität eingeht, sich daher auch mehr auf naturwissenschaftliche Methoden und Modellvorstellungen stützt, so ist der subjektivistische Ansatz durch Modelle und Methoden der Sozialwissenschaften geprägt (z. B. empirische Soziologie und Governanceforschung).

Der objektivistische Ansatz basiert auf „objektiven“ Faktoren bzw. – wenn vorhanden – Indikatoren, die aus Vorstellungen über die den potenziellen Auswirkungen und der Anpassungskapazität zugrundeliegenden Wirkungspfaden des Klimawandels gewonnen werden und die damit geeignet sind, verschiedenen Aspekte der Vulnerabilität einschätzen zu können. Die gewählten Faktoren bzw. Indikatoren für potenzielle Auswirkungen und Anpassungskapazität können anschließend aggregiert werden, um eine Einschätzung der Vulnerabilitätshöhe oder bei ausreichender Daten-

verfügbarkeit einen Vulnerabilitätsindex zu erhalten (wie z. B. im Projekt ATEAM - Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling: Schröter et al. 2004 und 2005; Metzger et al. 2008). Es werden bei diesem Ansatz für die VA hauptsächlich qualitative oder semi-quantitative (Experten-) Einschätzungen über die Höhe der spezifischen potenziellen Auswirkungen und der jeweiligen Anpassungskapazität vorgenommen, wobei sich die Einschätzung der Höhe der Anpassungskapazität an ihrer Eignung zum Umgang mit den potenziellen Auswirkungen orientiert (IPCC spricht in diesem Zusammenhang auch von verbleibende Auswirkungen). Vorteile dieses Vorgehens sind die Unabhängigkeit von subjektiven Expertenmeinungen und die bei Datenverfügbarkeit und vorliegenden Erkenntnissen über die relevanten Wirkpfade vergleichsweise schnelle Durchführbarkeit. Zusätzlich ergeben sich in interdisziplinär zusammengesetzte Wissenschaftlergruppen – wie im Arbeitsbereich „Vulnerabilitätsanalyse“ von ‚nordwest2050‘ – Diskussionen über die jeweilige fachspezifische Einschätzung der Höhe von potenziellen Auswirkungen, Anpassungskapazität und Vulnerabilität, die die Intersubjektivität der jeweiligen Bewertungen erhöhen kann bzw. die Subjektivität der Expertensichten reduzieren hilft. Zu den Nachteilen gehören die Problem der Faktoren- bzw. Indikatorenauswahl und deren Verknüpfung bzw. Gewichtung sowie das oft nicht vorhandene Vertrauen in die so gewonnenen Ergebnisse von Seiten der Stakeholder.

Für die Analysen in einigen Sektoren oder Handlungsbereichen standen Ergebnisse von Klimawirkungsmodellen zur Verfügung. So ist im Rahmen von ‚nordwest2050‘ ein Niederschlags-Abfluss-Modell (MIKE 11 RR NAM) für das Wesereinzugsgebiet erstellt worden (DHI-WASY 2010), welches die veränderten Abflüsse mehrerer Teileinzugsgebiet der Weser berechnet hat. Ebenfalls im Rahmen von ‚nordwest2050‘ wurden Klimawirkungsmodelle für ausgewählte Komponenten der Energieversorgung entwickelt und aggregierte Indikatoren zur Bewertung der regionalen Sensitivität identifiziert und berechnet (Wachsmuth et al. 2011). Für die Vulnerabilitätseinschätzungen der Bereiche Küstenschutz, Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz standen für einige Aspekte ebenfalls Modellergebnisse zur Verfügung. Für die Aussagen über die regionalen Klimafolgen, die u. a. aus den Erkenntnissen der Projekte KLIMU², KRIM³ und INNIG⁴ abgeleitet worden sind, konnten Ergebnisse der Modelle TRIM und SWAN für die flächendeckenden Simulationen der Hydrodynamik im Küstenvorfeld (Grabemann et al. 2005; Mai et al. 2004), MIKE 21 zur Ausdehnung von Überflutungsflächen und zur Ermittlung der Überflutungswassertiefen (Mai et al. 2007) sowie das Bodenkundliche Nutzungsmodell BONU (Kraft et al. 2005; Kraft 2004; Schirmer et al. 2004) für die Vorhersage und Bewertung der ökologischen Situation im Binnenland herangezogen werden (s. Schuchardt et al. 2011).

Beim subjektivistischen Ansatz werden hingegen die subjektiv wahrgenommenen Risiken und Anpassungsmöglichkeiten von Entscheidungsträgern bzw. Praxispartnern ermittelt. Dafür wurden in erster Linie strukturierte Experteninterviews und Workshops mit den ‚nordwest2050‘-Praxispartnern (siehe hierzu eine Zusammenstellung unter www.nordwest2050.de) durchgeführt, in denen Angaben zu den wahrgenommenen Risiken (Priorisierung nach Wichtigkeit, Wahrscheinlichkeit usw.) und wahrgenommenen Anpassungsmöglichkeiten (Priorisierung nach Durchführbarkeit, Aufwändigkeit, Hindernisse usw.) abgefragt wurden. Die erhaltenen Antworten sind für die drei Wirtschaftssektoren Ernährungswirtschaft (s. Kap. 4.7), Energiewirtschaft (s. Kap. 4.8) sowie Hafengewirtschaft & Logistik (s. Kap. 4.9) analysiert und zusammenfassend dargestellt worden. Dabei lässt sich oft unmittelbar eine Einschätzung der Vulnerabilität vornehmen: Die Vulnerabilität ist groß, wenn das Risiko hoch und gleichzeitig die entsprechende Anpassungsfähigkeit niedrig ist (vergleiche z. B. UBA-Studie zur Vulnerabilität klimasensitiver Systeme in Deutschland von Zebisch et al. 2005). Hintergrund dieses Ansatzes ist, dass die subjektive Wahrnehmung von Risiken und Einschätzung von Handlungsmöglichkeiten ausschlaggebend für die Bereitschaft zum Handeln der Akteure ist. Da das zentrale Ziel von ‚nordwest2050‘ die Erhöhung der Handlungsbereitschaft hinsichtlich der Umsetzung einer regionalen Klimaanpassungsstrategie ist, hat ein solcher partizipativer Ansatz Vorteile. Weiterhin erleichtert die Einbeziehung von Entscheidungsträgern den Dialog zwischen Wissenschaft, Praxis und Politik. In einem wechselseitigen Lernprozess können darauf aufbauend Anpassungsoptionen und Innovationspfade gemeinsam

² Klimaänderung und Unterweserregion: <http://www.klimu.uni-bremen.de>

³ Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste: <http://www.krim.uni-bremen.de>

⁴ Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft: <http://www.innig.uni-bremen.de>

entwickelt werden. Letztlich können auch mögliche Diskrepanzen zwischen wahrgenommenen und auf der Basis von Klimamodellen prognostizierten Risiken identifiziert werden. Zu den Nachteilen gehören politische Antworten, subjektive Meinung von Einzelpersonen und ein vergleichsweise hoher Aufwand bezüglich der Durchführung.

Welcher der beiden Ansätze zur Ermittlung der Anpassungskapazität und der Vulnerabilität am sinnvollsten ist, kann nicht eindeutig beantwortet werden (vgl. Stock 2005; Zebisch et al. 2005). Jedoch erscheint im Vergleich der beiden Methoden die subjektivistische Methode aufgrund ihrer Einbeziehung der für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen und -strategien benötigten Stakeholder Vorteile zu haben. Die sektorale VA (dargestellt in Schuchardt et al. 2011) – als überblicksartige Zusammenstellung der regional bedeutsamen Wirkpfade des Klimawandels – ist dabei jedoch eine notwendige Grundlage zur Einschätzung der regionalen Vulnerabilitätshöhe, da sich aus den Ergebnissen relevante Hinweise über die potenziellen Auswirkungen und die Anpassungskapazität der Sektoren ergeben, die dann in den subjektivistischen Ansatz zur Überprüfung zurückfließen können (vgl. Zebisch et al. 2005; Kropp et al. 2009a und 2009b; Haas et al. 2008; EEA 2005).

Im vorliegenden Bericht sind daher die Ergebnisse beider Ansätze für die Einschätzung bzw. Bewertung der Vulnerabilitätshöhe zusammengeführt worden. So ist z. B. in der sektoralen VA für die Expositions- und Sensitivitätsbestimmung sowie der daraus abgeleiteten Höhe der potenziellen Auswirkungen v. a. der naturwissenschaftlich objektivistische Ansatz verfolgt worden, während im Bereich der Abschätzung der Anpassungskapazität – v. a. für den Faktor Anpassungsbereitschaft – Erkenntnisse der sozialwissenschaftlich geprägten subjektivistischen Analyse eingeflossen sind (s. Schuchardt et al. 2011). Die Synthesephase der regionalen VA trägt insofern zur identifizierten Notwendigkeit (z. B. Grothmann et al. 2011) bei, die naturräumliche und die soziale Dimension der Vulnerabilität zu verbinden.

2.2.2 Bewertungsschritte und -vorgehen

Eine vollständige Vulnerabilitätsbewertung im Sinne des hier verwendeten Konzepts für eine regionale VA umfasst die getrennte Analyse der drei Bestandteile Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität sowie deren funktionelle Verknüpfung (s. a. Kap. 2.1). Für den Zweck der klimawandelbezogenen Vulnerabilitätsbewertung bzw. -einschätzung für die MPR HB-OL wird eine allgemeine, ausschließlich qualitative Herangehensweise gewählt. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen, der Anpassungskapazität sowie der resultierenden Vulnerabilität erfolgt deskriptiv nach den Kategorien **gering**, **mittel** oder **hoch** (s. a. Schuchardt et al. 2011).

Die **Bewertung der potenziellen Auswirkungen** in den betrachteten Sektoren leitet sich aus der Höhe der durch die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien vorgegebenen Exposition in Bezug auf die jeweilige spezifische Sensitivität ab, ohne zukünftige Anpassungskapazitäten oder -prozesse zu berücksichtigen. Es kann dadurch beurteilt werden, wie stark sich die ausgewählten Wirkpfade des Klimawandels für die Region manifestieren werden bzw. auf die sektorspezifischen Systemdienstleistungen⁵ wirken. Den Bezugsrahmen für die Bewertung stellen die spezifischen Klimaänderungssignale dar, so dass die Einschätzungen hinsichtlich der Stärke oder Höhe der potenziellen Auswirkungen im Wesentlichen auf dem Ausmaß und der Geschwindigkeit der Klimaänderungen basieren (vgl. a. Kap. 3 zur Einschätzung der Stärke des Klimasignals). Entsprechend differenziert die Bewertung in einer zeitlichen Perspektive zwischen mittel- (also um das Jahr 2050) und langfristig (um das Jahr 2085 bis zum Ende des 21. Jahrhunderts). Ist von kurzfristig auftretenden Auswirkungen die Rede, so sind die nächsten Jahre oder das nächste Jahrzehnt gemeint (insbesondere für die Abschätzung der Auswirkungen durch Extremereignisse relevant).

⁵ Definition Systemdienstleistungen in ‚nordwest2050‘: Die verallgemeinerten Systemdienstleistungen von ökologischen, technischen, ökonomischen und sozialen Systemen bestehen aus Strukturen, Produkten und Leistungen, welche diese Systeme einem Empfängerkreis („Nutzer“) zur Verfügung stellen und welche für diesen Empfängerkreis einen technischen, ökonomischen bzw. Wohlstand erhaltenden oder vermehrenden Wert haben. Systemdienstleistungen werden dabei über mengen- oder objektartige („was“) und qualitätsartige („wie“) Kriterien beschrieben (s. Fichter et al. 2010).

Zentraler Bezugsrahmen für die **Bewertung der Anpassungskapazität** ist die Frage, inwieweit mit den potenziellen Auswirkungen bzw. wie mit den aus den potenziellen Auswirkungen resultierenden Anpassungserfordernissen oder -bedarfen umgegangen werden kann. Dabei geht es in erster Linie um die Fähigkeit zur Verringerung oder Vermeidung von Risiken, aber auch um die Nutzung sich ergebender Chancen oder Vorteile. Für die Analyse der Anpassungskapazität (AK) werden folgende vier Faktoren bzw. Faktorenkomplexe herangezogen (s. a. Schuchardt et al. 2011):

- **natürliche Anpassungsfähigkeit** (ungesteuerte bzw. autonome Anpassung der natürlichen Systeme): Hier wird analysiert, inwieweit die natürlichen Systeme der Region in der Lage sind, sich an die klimawandelbedingten Auswirkungen anzupassen. Die Betrachtung der natürlichen Anpassungsfähigkeit ist in erster Linie für den Handlungsbe- reich Biodiversität und Naturschutz relevant. Hier erfolgt – soweit möglich – eine Ein- schätzung hinsichtlich bestimmter Grenzen oder Schwellenwerte der Klimaänderungen (z. B. Mitwachsvermögen der Deichvorländer in Abhängigkeit von Wasserstands- anstiegen), bis zu denen sich die Ökosysteme auf natürlichem Wege anpassen können, bei deren Überschreitung jedoch mit deutlichen Veränderungen zu rechnen ist. Solche Veränderungen können zu massiven Beeinträchtigungen oder sogar zum lokalen Ver- schwinden bestimmter Ökosysteme oder geschützter Lebensräume führen. Da die von den Ökosystemen bereitgestellten ökosystemaren Dienstleistungen die Lebensgrund- lage für die Menschheit darstellen und von der Gesellschaft in vielfältiger Weise bean- sprucht werden, wird der Faktor natürliche Anpassungsfähigkeit in einigen anderen Sektoren und Handlungsbereichen dahingehend betrachtet, inwieweit sich die spezifi- schen, jeweils benötigten ökosystemaren Dienstleistungen und Funktionen verändern können bzw. ob sie erhalten bleiben. Eine Beurteilung, ob die bisher benötigten bzw. genutzten Funktionen durch andere Ökosystemen, die sich anstelle der durch den Kli- mawandel beeinträchtigten bzw. verschwundenen natürlichen Systeme entwickeln können, erfolgt nicht.
- **Anpassungswissen**: Dieser Faktorenkomplex umfasst die Aspekte Wissen über po- tenzielle Auswirkungen des Klimawandels, Wissen über die Notwendigkeit der Klima- anpassung, Wissen über mögliche Anpassungsmaßnahmen und -strategien sowie – wenn Informationen vorhanden sind – Erfahrungen mit vergangenen Ereignissen, die die Gefährdungslage der Region gegenüber extremen Wetter- oder Klimazuständen deutlich haben werden lassen. Den Schwerpunkt bilden hier Beschreibungen der vor- handenen Forschungsaktivitäten und -projekte mit regionalem Bezug bzw. Übertrag- barkeit auf die Region.
- **Anpassungsoptionen**: Hier werden Strategien, Technologien, Instrumente und Res- sourcen sowie Institutionen, Akteuren und Entscheidungsstrukturen hinsichtlich ihrer Eignung zum Umgang mit den potenziellen Auswirkungen des Klimawandels betrach- tet. Auf Basis der Höhe der potenziellen Auswirkungen wird hier analysiert, welche Er- kenntnisse, Empfehlungen und Hinweise zu Anpassungsmöglichkeiten vorliegen und wie die instrumentellen und institutionellen Rahmenbedingungen ausgestaltet sind, um Risiken des Klimawandels zu vermeiden oder sich bietende Chancen zu nutzen.
- **Anpassungsbereitschaft**: Dieser Faktorenkomplex weist enge Verbindungen zu den Faktorenkomplexen Anpassungswissen und Anpassungsoptionen auf. Trotzdem wird er als eigenständiger Komplex betrachtet, da gesellschaftliche Prozesse eine wichtige Rolle für die Effektivität und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen spielen und damit die Anpassungskapazität der Region mitbestimmen. In diesem Komplex wird somit die Bereitschaft zur Anpassung bzw. zur Umsetzung von Anpassungsoptionen analysiert und bewertet. Dabei konnten auch Informationen aus den ‚nordwest2050‘- Arbeitsbereichen „Konsummuster und Nachfrageverhalten“ sowie „Governance“ her- angezogen werden (s. a. Kap. 2), die die Informationsbasis der Bewertung erweitern. Allerdings muss einschränkend darauf hingewiesen werden, dass nicht für alle Sekto- ren detaillierte Informationen zur Anpassungsbereitschaft vorliegen und die Einschät- zung diesbezüglich z. T. unvollständig ist; hier sind zukünftige Forschungs- bemühen notwendig.

Die Bewertung erfolgt für die vier Faktorenkomplexe der Anpassungskapazität zunächst jeweils getrennt, wobei nicht für alle Faktoren Informationen bzw. Aussagen vorliegen und sich der Detaillierungsgrad deutlich unterscheiden kann. Anschließend werden die Einzelbewertungen der Anpassungskapazitätsfaktoren zu einer Gesamtbewertung zusammengefasst. Die Bewertungsaussagen basieren auf einer qualitativen Experteneinschätzung.

Die **Bewertung der Vulnerabilität** erfolgt unter zusammenführender Betrachtung der Bewertungsergebnisse für die potenziellen Auswirkungen und für die Anpassungskapazität nach der in Tabelle 1 dargestellten Bewertungsmatrix für die jeweiligen Sektoren. Auch hier wird analog zur Bewertung der potenziellen Auswirkungen – wenn möglich – zwischen kurz- (ab heute für die nächsten Jahre), mittel- (ca. 2050) und langfristig (ca. 2085) unterschieden. Da im Rahmen der VA für einige Sektoren deutlich geworden ist, dass eine Gesamtbewertung aufgrund der Unterschiedlichkeit der betrachteten Wirkpfade und des damit verbundenen Informationsverlustes nicht sinnvoll ist, beschränkt sich die Aggregation der Vulnerabilitätsbewertung in diesen Fällen auf die Ebene einzelner Wirkpfade bzw. sektorale Teilbereiche sowie für die Wirtschaftscluster auf die Ebene der Wertschöpfungsketten oder Wertschöpfungskettenstufen.

Tabelle 1: Bewertungsmatrix für die Vulnerabilität (eigene Darstellung)

Vulnerabilitätshöhe		Anpassungskapazität		
		gering	mittel	hoch
potenzielle Auswirkungen	hoch	hoch	hoch	mittel
	mittel	hoch	mittel	gering
	gering	mittel	gering	gering

Es kann also von einer hohen Vulnerabilität ausgegangen werden, wenn die Faktoren der Anpassungskapazität so ausgeprägt sind, dass der Umgang mit den oder die Bewältigung der potenziellen Auswirkungen schwierig erscheint. Sind die Faktoren der Anpassungskapazität jedoch geeignet die negativen potenziellen Auswirkungen zu mindern und die positiven zu nutzen, so wird die Vulnerabilität als gering eingeschätzt.

Die identifizierten positiven Auswirkungen fließen nicht in die sektorale Vulnerabilitätsbewertung ein, da eine Verrechnung von positiven und negativen Auswirkungen bzw. von den daraus resultierenden Chancen und Risiken nicht sinnvoll erscheint. Grund hierfür ist, dass Vulnerabilität im Sinne von Verletzlichkeit negativ konnotiert ist und sie u. E. daher nur die Risiken und Gefahren des Klimawandels beinhalten sollte. Erkenntnisse zu positiven Auswirkungen, resultierende Chancen und ihre Nutzbarkeit, die die Konsequenzen des Klimawandels für die MPR HB-OL – insbesondere auch für die Bereitschaft zur Klimaanpassung – mitbestimmen können, werden in Kap. 6.2 dargestellt. Dieser Aspekt wird auch in den sektoralen Innovationspotenzialanalysen der Wirtschaftscluster und der regionalen Governance weiter untersucht (s. Fichter & Hintemann 2010).

Im abschließenden Arbeitsschritt der VA – der sog. Synthesephase – werden dann die spezifischen sektoralen Vulnerabilitätsbewertungen nebeneinandergestellt (s. Kap. 6). Ein Vergleich bzw. eine vergleichende Bewertung der Ergebnisse der VA für die Sektoren und Handlungsbereiche ist dabei allerdings nur teilweise sinnvoll bzw. eingeschränkt möglich, da eine quantifizierbare Vergleichbarkeit nicht möglich war bzw. (noch) keine Erkenntnisse über die Durchführbarkeit einer solchen integrativen VA vorliegen. Hier besteht für die Entwicklung einer Methode, die es ermöglicht sowohl sektorübergreifende als auch klimawandelbedingte mit nicht-klimawandelbedingten Vulnerabilitätsaspekten vergleichend zu bewerten, noch deutlicher Forschungsbedarf.

3. Regionale Klimaszenarien: Expositionshöhe

Stefan Wittig, Bastian Schuchardt, Frank Bachmann

Auf die vollständige Darstellung der beiden ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien wird an dieser Stelle verzichtet; sie sind in Schuchardt et al. (2010a) hinsichtlich ihrer Abstimmung und Herleitung erklärt (inkl. der Zusammenarbeit mit dem CSC, dem Norddeutschen Klimabüro und dem DWD). In Schuchardt et al. (2010b) sind die jeweiligen Veränderungen der Klimaparameter beschrieben (s. a. Tabelle 19 im Anhang). In der folgenden Tabelle 2 wird eine Übersicht über die für die jeweiligen Sektoren betrachteten Klimaparameter gegeben.

Tabelle 2: Die für die Sektoren (bzw. Handlungsbereiche und Wirtschaftskluster) relevanten Klimaparameter zur Bestimmung der Exposition.

Klimaparameter	Sektoren											
	Menschliche Gesundheit*	Bauwesen**	Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz***	Küstenschutz	Bodenschutz	Biodiversität und Naturschutz***	Ernährungswirtschaft****	Energiewirtschaft	Hafenwirtschaft & Logistik	Tourismuswirtschaft*****	Raumplanung	Bevölkerungs- und Katastrophenschutz**
CO ₂ -Konzentration					X	X	X					
Jahresmitteltemperatur		X			X	X	X	X	X		X	
saisonale Mitteltemperatur		X	X		X	X	X			X	X	X
Sommertage	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
heiße Tage	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
tropische Nächte	X	X	X				X	X	X		X	X
Hitzeperioden	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
Frosttage	X	X			X		X	X	X	X		X
Eistage	X	X	X		X			X	X	X		X
frostfreie Tage						X						
Gesamtniederschlag		X	X		X		X	X	X		X	
saisonale Niederschlagsmengen		X	X		X	X	X	X		X	X	X
Schneemenge		X	X		X				X			X
Schneebedeckung									X			
trockene Tage						X	X			X		
Regentage							X			X		
nasse Tage										X		
Starkregentage	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X
klimatische Wasserbilanz		X	X		X	X					X	
nebelige Tage										X		
schwüle Tage	X									X		
Bedeckungsgrad								X		X		
Sonnenscheindauer	X	X						X		X		
sonnige Tage										X		

Klimaparameter	Sektoren											
	Menschliche Gesundheit*	Bauwesen**	Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz***	Küstenschutz	Bodenschutz	Biodiversität und Naturschutz****	Ernährungswirtschaft****	Energiewirtschaft	Hafenwirtschaft & Logistik	Tourismuswirtschaft*****	Raumplanung	Bevölkerungs- und Katastrophenschutz**
max. Windgeschwindigkeit		x		x	x		x	x	x	x		x
Windrichtung				x					x			
Sturmtage	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x
windstille Tage										x		
Abflussregime		x	x						x		x	x
mittlerer Meeresspiegel		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
mittleres Tidehochwasser		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
mittleres Tideniedrigwasser			x					x				
Sturmflutwasserstände	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x

*zusätzliche Betrachtung der Aspekte thermischer Komfort sowie Hitze- und Kältestress anhand der physiologisch äquivalenten Temperatur (PET: s. Schuchardt et al. 2011);

**zusätzliche Betrachtung von Hagelschlagereignissen;

***zusätzliche Betrachtung von Gewässertemperaturen;

****zusätzliche Betrachtung von Hagel, Trockenperioden und Meerestemperaturen;

*****zusätzliche Betrachtung der Aspekte thermische Eignung sowie Hitze- und Kältestress anhand der physiologisch äquivalenten Temperatur (PET: s. Schuchardt et al. 2011).

Deutlich wird, dass von den 33 betrachteten Parametern einige für fast alle Bereiche Relevanz haben, während andere nur vereinzelt bestimmend für die Vulnerabilität sind. Zu den in fast allen Vulnerabilitätsanalysen betrachteten Parameter gehören Sommertage, heiße Tage, Hitzeperioden, Starkregentage, Sturmtage und die Sturmflutwasserstände (die Sturmfluthöhe hängt allerdings auch von den Veränderungen des mittleren Meeresspiegels und des mittleren Tidehochwassers ab). Eine mittlere Betrachtungshäufigkeit haben die Parameter Jahres- und saisonale Mitteltemperaturen, tropische Nächte, Frost- und Eistage, Jahres- und saisonale Niederschlagsmengen sowie maximale Windgeschwindigkeit. Nur vereinzelt in die jeweiligen VA eingeflossen sind die Parameter CO₂-Konzentration, frostfreie Tage, Schneemenge und -bedeckung, trockene und nasse Tage, Regentage, klimatische Wasserbilanz, nebelige, schwüle und sonnige Tage, Sonnenscheindauer, Windrichtung, windstille Tage sowie mittleres Tideniedrigwasser (s. Tabelle 2).

Hier hinter verbirgt sich die Tatsache, dass heutige Stark- (bzw. Extremereignisse) auch eine aktuell hohe Vulnerabilität bedingen. Heiße bzw. Sommertage, Hitzeperioden, Starkregen, Sturm und Sturmfluten sind solche Ereignisse, die dementsprechend als vulnerabilitätsbestimmend sowohl in der Literatur als auch von den Experten und Praxispartnern angesehen werden. Die Klimaparameter, die eher eine schleichende Klimaveränderung indizieren, werden häufig als weniger relevant für die Einschätzung der Vulnerabilität beurteilt, da sich die Folgen erst mittel- (2050) oder langfristig (bis 2100) einstellen werden und Entscheidungen über Klimaanpassung dementsprechend (noch) nicht vordringlich angesehen werden (vgl. a. Kap. 7). Die nur vereinzelt herangezogenen Klimaparameter betreffen spezielle Aspekte der sektoralen Expositionsbestimmung bzw. Sensitivitätsaspekte (z. B. nebelige oder sonnige Tage für die Tourismuswirtschaft). Allerdings erhebt die Liste der für die VA herangezogenen Parameter des Klimawandels kein

Anspruch auf Vollständigkeit; sie repräsentiert vielmehr eine Auswahl der aus den Berechnungen der regionalen Klimamodelle verfügbaren Parameter und der Erkenntnisse über die regionalen Klimawirkpfade.

Bei der Betrachtung der einzelnen Sektoren lassen sich ebenfalls Unterschiede in der Anzahl der betrachteten Klimaparameter erkennen. Für die Bereiche Bauwesen, Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz, Bodenschutz, Ernährungswirtschaft, Energiewirtschaft, Hafenwirtschaft & Logistik sowie Tourismuswirtschaft werden mehr Klimaparameter herangezogen, als für die Bereiche menschliche Gesundheit, Küstenschutz, Biodiversität und Naturschutz, Raumplanung sowie Bevölkerungs- und Katastrophenschutz (s. Tabelle 2). Die Gründe hierfür sind sowohl sektorspezifischer als auch methodischer Art. Sektorspezifisch z. B. deshalb, da für den Küstenschutz v. a. die Veränderungen der Wasserstände, die durch die Windparameter beeinflusst werden, relevant sind. Methodisch z. B. deshalb, da für die Tourismuswirtschaft aufgrund von aktuellen Forschungserkenntnissen vielfältige spezielle Aspekte vorlagen. Je mehr Klimaparameter pro Sektor betrachtet werden, desto mehr Wirkpfade des Klimawandels mit ihren potenziellen Auswirkungen sind zu beachten. Allerdings lassen sich aus der Anzahl der betrachteten Klimaparameter keine Hinweise auf die Höhe der Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel ableiten. Die Anzahl möglicher Wirkpfade ist aber ein Hinweis darauf, dass mit komplexen Wirkungen und mit unbekanntem Effekten des Klimawandels zu rechnen ist, die die Belastbarkeit von Vulnerabilitätsaussagen einschränken und die Vulnerabilitätshöhe tendenziell unterschätzen.

In der Tabelle 19 (s. im Anhang) werden die Veränderungen der einzelnen Klimaparameter, die in die Expositionsbestimmung der spezifischen VA eingeflossen sind, zusammenfassend aufgeführt. Wie die Klimasignale aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien hinsichtlich der Stärke eingeschätzt werden können, wird im Folgenden erläutert.

3.1 **Einschätzung des Klimasignals der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien**

Die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien festgelegten Klimasignale können unterschiedlich gewichtet werden. In der folgenden Tabelle 3 sind die Klimaparameter – inklusive ihrer Spannweiten – aufgeführt, die ein deutliches bzw. starkes Klimasignal im Vergleich zur Referenzperiode zeigen (s. a. Schuchardt et al. 2010b).

Tabelle 3: Darstellung der Klimaparameter aus den beiden ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien, für die das Klimasignal als stark angesehen werden kann (s. a. Schuchardt et al. 2010b und Tabelle 19 im Anhang)

Klimaparameter	Klimaszenario für 2050 (2036-2065)	Klimaszenario für 2085 (2071-2100)	Definition für ein starkes Klimasignals (im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000)
Jahresmitteltemperatur und saisonale Temperaturmittelwerte	obere Spannweite für Herbst und Winter	untere Spannweite für Herbst, A1B-Mittel (Ausnahme Sommer), obere Spannweite	Zunahme über 2°C ⁶
Sommertage	A1B-Mittel und obere Spannweite	gesamte Spannweite	Zunahme über 30%
heiße Tage	A1B-Mittel und obere Spannweite	gesamte Spannweite	Zunahme über 45%
tropische Nächte	gesamte Spannweite	gesamte Spannweite	Zunahme über 90%
Frosttage	A1B-Mittel und untere Spannweite	A1B-Mittel und untere Spannweite	Abnahme über 35%
Eistage	A1B-Mittel und untere Spannweite	gesamte Spannweite	Abnahme über 35%
saisonale Niederschlagsmengen für Sommer	untere Spannweite	A1B-Mittel und untere Spannweite	Abnahme über 10%

⁶ Die Einstufung über 2°C erfolgt deshalb, da eingeschätzt wird, dass eine globale Erwärmung um mehr als 2°C eine „gefährliche Störung des Klimasystems“ verursachen könnte und daher die „Zivilisation vor beispiellose Herausforderungen“ stellen würde (z.B. WBGU 2009).

Klimaparameter	Klimaszenario für 2050 (2036-2065)	Klimaszenario für 2085 (2071-2100)	Definition für ein starkes Klimasignals (im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000)
saisonale Niederschlagsmengen für Frühling, Herbst und Winter	Winter: obere Spannweite; Herbst: A1B-Mittel und obere Spannweite	Winter: gesamte Spannweite; Frühling: obere Spannweite; Herbst: A1B-Mittel und obere Spannweite	Zunahme über 10%
Regentage	-	untere Spannweite	Abnahme über 10%
Starkregentage	A1B-Mittel und obere Spannweite	gesamte Spannweite	Zunahme über 30%
Schneemenge	gesamte Spannweite	gesamte Spannweite	Abnahme über 30%
Schneebedeckung	A1B-Mittel und untere Spannweite	A1B-Mittel und untere Spannweite	Abnahme über 50%
Schneetage	untere Spannweite	untere Spannweite	Abnahme über 20%
Sturmtage	obere Spannweite	gesamte Spannweite	Zunahme über 20%
windstille Tage	A1B-Mittel und untere Spannweite	A1B-Mittel und untere Spannweite	Abnahme über 20%
mittlerer Meeresspiegel	obere Spannweite	obere Spannweite	stark beschleunigter Anstieg auf 14 mm/a ⁷
Summe aus mittlerem Meeresspiegel (MW) und mittlerem Tidehochwasser (MThw)	A1B-Mittel und obere Spannweite	A1B-Mittel und obere Spannweite	stark beschleunigter Anstieg auf 6,5 bis 18 mm/a ⁸
Sturmflutwasserstände	gesamte Spannweite	gesamte Spannweite	Extremereignis
Hitzeperioden	A1B-Mittel (keine Spannweiten vorhanden)	A1B-Mittel (keine Spannweiten vorhanden)	Extremereignis

Die Kategorisierung der Veränderungen der Klimaparametern in ein „starkes Klimasignal“ orientiert sich weniger an einem vergleichbaren Änderungsmaßstab, also z. B. mit einer anderen Region, sondern vielmehr nach der (prozentualen) Veränderung bezogen auf die Referenzperiode. Dabei fließen allerdings auch subjektive (Experten-) Einschätzung über die zu erwartenden Auswirkungen der entsprechenden prozentualen Veränderung mit ein. So wird für die Temperaturänderungen eingeschätzt, dass eine Änderung von mehr als 2°C bezogen auf die Referenzperiode deutliche Wirkungen und Risiken auch für die Region verursacht (Bundesregierung 2008; WBGU 2009). Für die Änderungen in der Häufigkeiten der Temperaturkenntage wird ein Wert von mehr als 30% als starkes Klimasignal eingeschätzt. Dieser Wert, d. h. die eingeschätzte Schwelle für ein deutliches Klimasignal, wird für die Veränderungen in den Niederschlagsmengen und -kenntage schon bei 10%, für die Windkenntage bei 20% im Vergleich zur Referenzperiode angesetzt. Bezüglich der Wasserstandsänderungen ist insbesondere die Geschwindigkeit der Änderungen für die Einschätzung des Klimasignals bedeutsam, so dass eine deutliche Beschleunigung bezogen auf den säkularen Anstieg, der für die Deutsche Bucht ca. +20 cm beträgt, als starkes Klimasignal gewertet wird. Sturmfluten und Hitzeperioden sind als Extremereignisse anzusehen. Letztendlich hängt die Beurteilung, ob ein Klimasignal niedrig, stark oder sogar extrem ist, von den sektorspezifischen Auswirkungen ab. So sind die mittleren saisonalen Niederschlagsänderungen für die Wasserwirtschaft wahrscheinlich eher unproblematisch, während sie für die Landwirtschaft oder die Artenzusammensetzungen der regionalen Ökosysteme deutliche Wirkungen zeigen können. Mit welchen Auswirkungen in den betrachteten Sektoren in Abhängigkeit vom Klimasignal zu rechnen ist, wird in den Kapiteln 4.1 bis 4.12 dargestellt.

Für die Klimaparameter jährlicher Gesamtniederschlag, Schneetage, maximale Windgeschwindigkeit (Auswertung hier als Tagesmittelwerte), trockene Tage, mittlere Windgeschwindigkeit,

⁷ stark beschleunigt im Vergleich zum Anstieg des mittleren Meeresspiegels in den letzten 100 Jahren von 1,5 bis 2 mm pro Jahr im Bereich der deutschen Bucht (z.B. Woith 2005; Grossmann et al. 2007);

⁸ stark beschleunigt im Vergleich zum Anstieg des mittleren Tidehochwassers in den letzten 100 Jahren von ca. 2,5 mm pro Jahr im Bereich der deutschen Bucht (z.B. NLWKN 2010);

Sonnenscheindauer und Bedeckungsgrad ist das Klimasignal als eher mittel oder schwach einzuschätzen (kleiner 10% für die Niederschlagsparameter und kleiner 30% für die Temperaturkentage).

Es kann somit festgehalten werden, dass die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien zwar eine Reihe von deutlichen bzw. starken Klimasignalen enthalten, allerdings nur sehr eingeschränkt Hinweise auf die zukünftige Intensität von Extremereignissen geben (s. a. Kap. 5.1.2). So ist bezüglich der Sturmfluten zwar ein Extremereignis benannt, die Klimaszenarien machen aber nur Angaben über deren mögliche Höhe, nicht über eine eventuelle Häufigkeitsveränderung. Für die Abschätzung der Vulnerabilität sind dennoch die in Tabelle 3 genannten Klimasignale für die Einschätzung der Expositionshöhe von besonderer Relevanz, welches sich teilweise auch an der häufigen Berücksichtigung der entsprechenden Parameter in den sektoralen Analysen der Vulnerabilität widerspiegelt (s. Tabelle 2).

3.2 Entwicklung des Klimawissens

Da die spezifischen Vulnerabilitätsanalysen auf den Aussagen zur möglichen Klimaentwicklung basieren, ist es für die Qualität der Aussagen über die potenziellen Auswirkungen, der natürlichen und gesellschaftlichen Anpassungskapazität sowie der Vulnerabilität wichtig zu wissen, ob zukünftig mit Verbesserungen im Klimawissen gerechnet werden kann. Insbesondere für die Entscheidungsfindung ist es relevant, ob die mit sicheren oder belastbaren Aussagen der (regionalen) Klimamodellierung sicherer und belastbarer werden oder ob die verschiedenen Unsicherheitsaspekte (s. Kap. 7.3) auch auf absehbare Zeit nicht maßgeblich reduziert werden können.

In den vergangenen Jahren sind als Resultat der intensiven Forschung im Bereich der Klimamodellierung mehrere neue und regionale Klimamodelle erstellt worden, für die aktuell und zukünftig weitere Klimaprojektionsläufe durchgeführt werden. Auch im Rahmen der Aktivitäten des IPCC werden für den nächsten 5. Sachstandsbericht, der voraus. im Jahr 2014 erscheinen wird, neue Modellläufe auf globaler Ebene erstellt und für die Folgenbetrachtung berücksichtigt. Für Deutschland stehen neben den Projektionen der regionalen Klimamodelle mittlerweile weitere bis zum Ende des 21. Jahrhunderts fortlaufende, regionale Simulationen zur Verfügung, z. B. vom EU-Projekt ENSEMBLES, in dem Kombinationen von regionalen und globalen Klimamodellen eine Vielzahl von regionale Klimaprojektionen mit einer horizontalen Auflösung von ca. 25 km erzeugen (s. <http://ensembles-eu.metoffice.com/>).

Die Ergebnisse dieser Projektionen sind insbesondere auch für die Klimafolgenforschung interessant, da sie potenziell die Ergebnisse verbessern können. Allerdings stellt der riesige Datenumfang solcher Klimaprojektions-Ensembles die Klimafolgen- und -anpassungsforschung vor neue Probleme: Die Nutzer können den für die Berücksichtigung aller verfügbaren Klimaprojektionen benötigten Aufwand kaum bewältigen, obwohl sich dadurch ein wissenschaftlich sachgerechterer Umgang mit den Unsicherheiten ergeben würde (Deutschländer et al. 2009). Die Klimaforschung wird daher zusätzlich gefordert sein, geeignete Methoden zur Reduktion der verfügbaren Klimaprojektionen zu entwickeln. Obwohl durch die Verwendung des z. B. in der numerischen Wettervorhersage erprobten Ensembleansatzes die Modellunsicherheiten und interne Variabilität des Klimasystems in Form von Spannweiten besser abgeschätzt werden kann, besteht für die Konzeption von Anpassungsmaßnahmen oder -strategien der Wunsch nach einer sinnvollen Auswahl von Klimasimulationen. Zur Unterstützung der Anwender und Nutzer der Klimasimulations- und Klimafolgenergebnisse wird aktuell nach Möglichkeiten gesucht, die Anzahl der Ensemble-Projektionen wissenschaftlich belastbar zu reduzieren, ohne die Belastbarkeit der dann noch ableitbaren Spannweiten wesentlich einzuschränken (MPI-M 2006, Deutschländer et al. 2009).

Daraus ergibt sich für den Umgang mit Klimaprojektionsdaten auch die Notwendigkeit, systematische Modellfehler zu verringern (Deutschländer et al. 2009). Die Nichtberücksichtigung einzelner Ensemble-Mitglieder stellt immer einen Verzicht auf wertvolle Informationen dar, die daher soweit wie möglich zu vermeiden ist. Trotz der auch zukünftig nicht zu vermeidenden Schwächen der Klimaprojektionsrechnungen muss die Klimaforschung daher Methoden finden, die Simulationen

der Klimamodelle der Realität durch nachträgliche Bearbeitung anzupassen. Eine solche statistische Nachbearbeitung steht vor der Herausforderung, die raum-zeitliche Konsistenz der betrachteten Klimaparameter zu wahren. Hierdurch wird es zukünftig wahrscheinlich möglich werden, einerseits Aussagen über die Modellqualität zu treffen und andererseits die Qualität der Klimaprojektionen weiter zu erhöhen (BMVBS 2007, Deutschländer et al. 2009). Dieses ist auch Voraussetzung für die weitere Verwendung der Klimaprojektionen in Klimafolgenmodellen und der aus Vulnerabilitätsanalysen abgeleiteten Anpassungsprioritäten. Durch die Verbesserung des Klimawissens wird nicht nur versucht, räumlich und zeitlich höher aufgelöste Klimaprojektionen zu generieren, sondern auch durch die Anwendung vielfältiger Klimawirkmodelle die Folgen auf Naturräume und Gesellschaften besser abschätzen zu können. Damit ist die Hoffnung verknüpft, neben belastbareren Aussagen über den Klimawandel und den potenziellen Auswirkungen auch deutschlandweit vergleichbare und robuste Ergebnisse bezüglich der Vulnerabilitäten zu erlangen (aktuell bewertet das Climate Service Center (CSC) in einem Projekt die Robustheit und Signifikanz der verfügbaren regionalen Klimaprojektionen; zusätzlich ist der sog. „Klimanavigator“ als Webplattform mit klimarelevanter Forschung neuerdings online zugänglich: s. www.klimanavigator.de).

Als Fazit kann festgehalten werden, dass die Forschung auf absehbare Zeit nicht in der Lage sein wird, die erwünschten bzw. erforderlichen eindeutigen Klimavorhersagen zu liefern. Trotzdem kann das Klimawissen als ausreichend angesehen werden, um Handlungsbedarf zu begründen. Vielmehr darf die Erkenntnis über unvollständiges Klimawissen keine Begründung sein, nicht auf die Herausforderungen des Klimawandels zu reagieren.

4. Sektorale Vulnerabilität

Ein Überblick über die betrachteten Sektoren (bzw. Handlungsbereiche und Wirtschaftcluster) für die VA sowie die zuständigen Bearbeiter gibt Tabelle 4.

Tabelle 4: Die im Rahmen der VA betrachteten Sektoren

Sektor	Bearbeitung durch ...
Menschliche Gesundheit	BioConsult (Cluster Region)
Bauwesen	BioConsult (Cluster Region)
Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz	BioConsult (Cluster Region)
Küstenschutz	BioConsult (Cluster Region)
Bodenschutz	BioConsult (Cluster Region)
Biodiversität und Naturschutz	BioConsult (Cluster Region)
Ernährungswirtschaft	Universität Oldenburg (Cluster Ernährungswirtschaft)
Energiewirtschaft	Universität Bremen und Bremer Energie Institut (BEI) (Cluster Energiewirtschaft)
Hafenwirtschaft & Logistik	Hochschule Bremen und Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) (Cluster Hafenwirtschaft & Logistik)
Tourismuswirtschaft	BioConsult (Cluster Region)
Raumplanung	BioConsult (Cluster Region)
Bevölkerungs- und Katastrophenschutz	BioConsult (Cluster Region)

In den folgenden Kapiteln werden überblicksartig die Bewertungsergebnisse der jeweiligen Vulnerabilitätsanalysen dargestellt. Zu den Bewertungsschritten gehört zum ersten die vergleichende Betrachtung von Exposition und Sensitivität, aus der die Höhe der potenziellen Auswirkungen für die jeweiligen Sektoren abgeschätzt wird. Der zweite Bewertungsschritt ist der Bereich der Anpassungskapazität, in dem beurteilt wird, in wie weit mit den identifizierten potenziellen Auswirkungen in den Sektoren umgegangen werden kann. Die Zusammenführung von potenziellen Auswirkungen und Anpassungskapazität zur sektorspezifischen Vulnerabilität ist dann der dritte Bewertungsschritt. Zu betonen ist an dieser Stelle noch einmal, dass es sich bei den genannten Bewertungsergebnissen um qualitative Experteneinschätzungen handelt, die nicht den Anspruch der Vollständigkeit erheben und deren Quantifizierung nur sehr eingeschränkt möglich ist (s. Kap. 2.2.2).

4.1 Menschliche Gesundheit

Stefan Wittig, Jan Spiekermann

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Sektor menschliche Gesundheit finden sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.1.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

In der Metropolregion Bremen-Oldenburg sind potenzielle Auswirkungen des Klimawandels aufgrund sozialräumlicher (Akklimatisierung und demografische Entwicklung) und naturräumlicher

(Hitzeperioden und Hitzeinseleffekte, Krankheitsüberträger und Infektionskrankheiten sowie Allergene) Sensitivitätsaspekte für den Sektor menschliche Gesundheit zu erwarten:

- Die Menschen bzw. die Bevölkerung der Region ist wenig an heiße Temperaturen und Hitzeperioden akklimatisiert und die Akklimatisierungsfähigkeit älterer Menschen und Bevölkerungsgruppen ist eingeschränkt (Kropp et al. 2009a; UBA 2009b). Soziale Aspekte und gesundheitliche Vorbelastungen verstärken die Sensitivität. Die Abnahme der Kältekenntage und reduzierter Kältestress hat vorteilhafte Auswirkungen auf Wohlbefinden und Gesundheit. Über die temperaturbedingten Veränderungen der Todesraten im Jahresdurchschnitt ist wenig bekannt; die potenziellen Auswirkungen werden aber v. a. in der hitzebedingten Zunahme von Morbiditäts- und Mortalitätsraten deutlich werden (EEA 2008, Koppe et al. 2003).
- In der Altersgruppe mit Menschen über 65 Jahren sowie Pflegebedürftigen in Krankenhäusern, Gesundheitseinrichtungen und Altenheimen nimmt die Mortalität während Hitzeperioden deutlich zu (Huyen et al. 2001; Koppe et al. 2004; UBA 2009a). Der prognostizierte demografische Wandel führt zu einer deutlichen Vergrößerung dieser Altersgruppe, woraus sich hohe Herausforderungen für das Gesundheitssystem ergeben (Nds. MUK 2009). Die regionalen ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien zeigen bezüglich der Temperaturkenntage heiße Tage, Sommertage und Tropennächte ebenso eine deutliche Zunahme wie für Tage mit Hitzestress und bezüglich der Intensität von Hitzeperioden, so dass hier hohe potenzielle Auswirkungen auf den Sektor menschliche Gesundheit zu erwarten sind. Verstärkt werden die negativen Auswirkungen auf die Gesundheit durch mehr schwüle Tage und mehr Sturmtage; hingegen kann durch eine Erhöhung des thermischen Komforts das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der regionalen Bevölkerung verbessert werden (Laschewski & Jendritzky 2002; UBA & DWD 2008).
- Hitzeperioden führen nachweislich zu erhöhter Morbidität und Mortalität, wie am Beispiel des Sommers 2003 belegt werden konnte (Koppe et al. 2003). Vor allem in städtischen Bereichen, in denen sich z. B. aufgrund ihrer Lage und Bebauungsdichte Hitzetage und -perioden – neben weiteren Klimaparametern – verstärken können, werden die potenziellen Auswirkungen in urbanen Gebieten deutlicher ausfallen. Ein verstärkter Einsatz von Klimaanlageanlagen kann die städtische Wärmebelastung erhöhen.
- Extreme Wetter- und Klimaereignisse wie Starkregentage und Sturmtage haben für die Region vergleichsweise geringe potenzielle Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. So kann eine extreme Sturmflut zwar sehr hohe Auswirkungen durch eine große Zahl von Todesopfer haben, über deren zukünftige Häufigkeitsänderung können aber keine Angaben gemacht werden und die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen solchen Schaden ist sehr gering. Zunehmende gesundheitliche Belastungen aus Extremereignissen können aus vermehrtem Stress und höherer psychischer Belastungen resultieren (Kropp et al. 2009a, Grothmann 2005).
- Vektoren als Überträger von Krankheitserregern wie Stechmücken, Zecken, Flöhe und Wanzen können klimawandelbedingt ihr Endemiegebiet ausweiten und für sie günstigere Lebensbedingungen auch in der MPR HB-OL vorfinden (EEA 2008; UBA 2010). Aufgrund der verbesserten Ausbreitungs- und Übertragungsbedingungen kann die Gefahr für Infektionskrankheiten ansteigen. Damit ist ein erhöhtes gesundheitliches Risiko durch Krankheiten wie Lyme-Borreliose, Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME), Malaria, Leishmaniose, Dengue-Fieber, West-Nil-Fieber und Hanta-Fieber verbunden, wobei allerdings Wissenslücken bezüglich der Ausbreitungsmöglichkeiten und der optimalen klimatischen Bedingungen für einen Vektor vorhanden sind (Lozán et al. 2008; UBA 2003). Über Höhe und Eintrittszeitpunkt dieser potenziellen Auswirkungen für die Region können daher keine konkreten Aussagen gemacht werden.
- Die Klimaerwärmung lässt bei den Pflanzen (z. B. Ambrosia) die Pollensaison zeitiger im Frühjahr beginnen und teils länger andauern (UBA 2009a). Für Personen mit Asthma und Heuschnupfen kann sich dadurch die Beschwerdezeit verlängern. Wenn Wärme liebende Pflanzen mit hohem Allergiepotezial in neue Gebiete vorstoßen, wird das Allergierisiko weiter zunehmen (Menzel & Behrendt 2008; UBA 2003). Die MPR HB-OL

weist noch eine niedrige Pollenbelastung auf, wobei zukünftige Verbreitungsangaben von Ambrosia nicht detailliert getroffen werden können. Grund dafür ist, dass über die ökosystemaren Veränderungen, die ein solches Auftreten begünstigen oder verhindern könnten, wenige Erkenntnisse vorliegen. Erhöhte gesundheitliche Belastung durch verschlechterte Luftqualität sind insbesondere in Städten – auch aufgrund des veränderten Stadtklimas – möglich (Staub, Ozon, Gerüche; Anderson et al. 2002; Jacob & Winner 2009).

4.1.2 Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit

Ob die Ökosysteme ihre Funktionsfähigkeit auf natürlichem Wege erhalten können ist weitgehend unklar. Die Inanspruchnahme der benötigten ökosystemaren Dienstleistungen wird wahrscheinlich auch unter Klimawandelbedingungen gewährleistet.

Anpassungswissen

Das Wissen über die direkten gesundheitlichen Auswirkungen der Klimaerwärmung (Hitzeextreme und -perioden) ist vielfältig erforscht und die Möglichkeiten zur Anpassungen sind weitgehend bekannt, da umfangreiche Forschungsaktivitäten – auch als Reaktion auf die im Sommer 2003 gemachten Erfahrungen – durchgeführt worden sind. Dabei stehen in der Forschungslandschaft zu gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels die Folgen von Hitzeperioden und die Anpassung an solche Hitzephänomene im Vordergrund (Koppe et al. 2004). Für den Umgang mit den als hoch eingeschätzten potenziellen Auswirkungen von hitzebedingten gesundheitlichen Belastungen sind die z. T. implementierten Maßnahmen wie Hitzewarnsysteme und Informationskampagnen zu Verhaltensempfehlungen bei Hitzeinwirkungen geeignet (Becker 2005; UBA & DWD 2008; UBA 2009b).

Das Wissen über indirekte, mit ökosystemaren Veränderungen verbundene Auswirkungen des Klimawandels (vektorübertragene Infektionskrankheiten und zukünftige Verbreitung von Allergenen) ist noch lückenhaft und weitere Forschungsanstrengungen sind nötig (UBA 2009a; Zebisch et al. 2005). Die potenziellen Auswirkungen im Bereich der Veränderungen der Ökosysteme werden voraussichtlich allerdings vergleichsweise klein sein, wobei die Kenntnislücken das Anpassungswissen und damit die gesellschaftliche Anpassungskapazität verringert. Systematische nationale Überwachungsprogramme für die gesundheitlichen Auswirkungen aufgrund veränderter Funktionsfähigkeit der Ökosysteme sind bisher nur ansatzweise entwickelt.

Anpassungsoptionen

In Ländern mit einem hohen technologischen Standard, einem hohen Niveau an medizinischen Leistungen und ausreichenden finanziellen Ressourcen stehen dem Gesundheitswesen vielfältige Optionen, den negativen gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels vorzubeugen, zur Verfügung (Zebisch et al. 2005; UBA 2009a). Das (regionale) Gesundheitssystem ist durch eine vielfältige Organisation mit umfangreichen Kapazitäten in verschiedensten Einrichtungen gekennzeichnet.

Die Implementierung eines gesundheitsbezogenen Hitzewarnsystems, die Einführung von Warnsystemen (Ozon, UV-Strahlung und Allergene) mit lokal oder regional angepassten Vorschlägen für Interventionsmaßnahmen mit konkretisierten Warnungen und Verhaltensregeln, die vermehrte Aufklärung über die gesundheitlichen Gefahren und mögliche Vorsorgemaßnahmen, die Erstellung und Verbreitung von Merk- und Informationsblättern, eine klimagerechte Stadtplanung und angepassten Architektur sowie die Intensivierung der Vorsorgeplanung sind geeignete und umsetzbare Anpassungsmaßnahmen (z. B. BMVBS & BBSR 2009d; Nds. MUK 2009; UBA & DWD 2008). Anpassungsoptionen für den Umgang mit Hitzewellen werden bereits eingesetzt (z. B. Hitzewarnsystem des DWD: Becker 2005).

Weitere, für den Umgang mit den potenziellen Auswirkungen geeignete Anpassungsoptionen sind Monitoring- und Kontrollmaßnahmen für Infektionskrankheiten und Informationskampagnen

zum Schutz vor durch Vektoren übertragenen Krankheiten (UBA 2010). So gibt es auf bundesdeutscher und regionaler Ebene Institutionen oder Behörden, die Warninformationen und Verhaltensregeln erstellen sowie diagnostische Techniken für eine Vielzahl von Infektionskrankheiten vorhalten (RKI 2008; UBA 2009b). Während für die Warninformationen und Verhaltensregeln eine hohe Wirksamkeit auch unter Klimawandelbedingungen möglich erscheint, so sind Anpassungs- und Vorsorgemaßnahmen im Bereich vektorübertragener Krankheiten nur z. T. wirksam. Hier erscheint neben den fehlenden Impfmöglichkeiten und nur teilweise erfolgreichen Therapien v. a. die geringe Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels in Maßnahmen und Strategien des Gesundheitswesens problematisch bzw. intensivierbar (Zebisch et al. 2005; UBA 2010).

Anpassungsbereitschaft

Die Bereitschaft und Motivation der Akteure des Gesundheitssystems sich an die Auswirkungen des Klimawandels – insbesondere gegenüber Hitzewellen und -perioden – anzupassen, ist seit dem Hitzesommer 2003 mit seinen deutlichen Auswirkungen gestiegen. Auf europäischer und bundesdeutscher Ebene ist mit Aktivitäten im Bereich der Forschung und der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen begonnen worden. Die vielfältigen politischen Bemühungen das Thema Klimawandel und Gesundheit zu etablieren, weisen auf eine hohe Bereitschaft zur Anpassung des Gesundheitswesens hin. Nicht zuletzt lässt die existenzielle Bedeutung gesundheitlicher Belange für die Bevölkerung vermuten, dass auch zukünftig diese Bereitschaft vorhanden ist. Die individuelle Bereitschaft Bewältigungsmaßnahmen zur Anpassung zu ergreifen ist in der Bevölkerung eher gering ausgeprägt. Über das persönliche, klimawandelbedingt erhöhte Gesundheitsrisiko ist scheinbar noch zu wenig bekannt, so dass es zu wenig wahrgenommen wird.

4.1.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Im Handlungsbereich „Menschliche Gesundheit“ kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die Zunahme der Hitzeckenntage und Hitzeperioden insbesondere in städtischen Bereichen für ältere und krankheitsbedingt vorbelastete Menschen die höchsten potenziellen Auswirkungen in der Region darstellt. Für städtische Bereiche werden sich im Vergleich mit den ländlichen Räumen die gesundheitlichen Auswirkungen einiger Klimaparameter verstärken: hier kommt es zu einer stärkeren Zunahme der Hitzeckenntage, der Niederschlagsmengen und der Starkregentage sowie zu einer stärkeren Abnahme der Kälteckenntage und der Schneemengen, wobei die Veränderungen der letzteren Parameter positive Auswirkungen auf die Gesundheitssituation der Bevölkerung haben. Zusätzlich besitzen extreme (Wetter-) Ereignisse und die höheren Sturmflutwasserstände ein hohes Schädigungs- bzw. Wirkungspotenzial. Die Auswirkungen von Hitze und Extremereignisse werden als **mittel bis hoch** bewertet. Die potenziellen Auswirkungen durch Zunahme von vektorübertragene Infektionskrankheiten und Allergene werden wahrscheinlich vergleichsweise moderat ausfallen, so dass deren Höhe als **gering bis mittel** eingeschätzt werden kann.

Bewertung der Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit: Da nicht von einer deutlichen Funktionseinschränkung der Ökosysteme und einem massiven Verlust der vom Handlungsbereich „Menschliche Gesundheit“ benötigten Ökosystemdienstleistungen (z. B. Erholungswert, Naturerleben, Klimaregulation) auszugehen ist, kann die natürliche Anpassungsfähigkeit – trotz erheblicher Wissenslücken – als **mittel bis hoch** eingeschätzt werden.

Anpassungswissen: Da das Wissen aufgrund umfangreicher Forschungsaktivitäten – auch als Reaktion auf die im Sommer 2003 gemachten Erfahrungen – über die direkten gesundheitlichen Auswirkungen der Klimaerwärmung (Hitzeextreme und -perioden) vielfältig ist und die Möglichkeiten zur Anpassungen weitgehend bekannt sind, kann das Anpassungswissen als **hoch** eingeschätzt werden. Das Wissen über indirekte, mit ökosystemaren Veränderungen verbundene Auswirkungen des Klimawandels (Infektionskrankheiten und Allergene) ist hingegen noch lückenhaft, so dass hier die Einschätzung **mittel** getroffen wird.

Anpassungsoptionen: Dem regionalen Gesundheitswesen stehen vielfältige Möglichkeiten und Strategien für den Umgang mit den negativen Gesundheitsbelastungen des Klimawandels zur Verfügung, die z. T. auch schon umgesetzt werden (z. B. Hitzewarnsysteme, Informationskampagnen). Die Anpassungsoptionen können daher *hoch* bewertet werden. Die vielfältigen Optionen zur Anpassung an gesundheitliche Beeinträchtigungen in städtischen Bereichen, über die z. B. die Stadtplanung zur Reduzierung der Hitzeinseleffekte verfügt, unterstützen diese Bewertung. Da bezüglich der Infektionskrankheiten und Allergene zwar Warn- und Verhaltensinformationen für Krankheitsüberträger und Pollenverbreitung regelmäßig von verschiedenen Stellen herausgegeben werden, Anpassungs- und Vorsorgemaßnahmen für vektorübertragene Krankheiten aber als nur eingeschränkt wirksam gehalten werden, wird diesbezüglich die Anpassungskapazität nur als *mittel bis hoch* eingeschätzt.

Anpassungsbereitschaft: Die Bereitschaft und Motivation zur Anpassung im Gesundheitssystem an die Auswirkungen des Klimawandels insbesondere gegenüber Hitzewellen und -perioden, kann als *hoch* eingeschätzt werden. Für die individuelle Bereitschaft zur Anpassung ist allerdings festzustellen, dass über das persönliche, klimawandelbedingt erhöhte Gesundheitsrisiko wenig bekannt ist bzw. es wenig wahrgenommen wird und daher die Bereitschaft Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen in der Bevölkerung gering ausgeprägt ist. Die Anpassungsbereitschaft wird daher als *mittel bis hoch* bewertet.

Insgesamt kann die Anpassungskapazität für den Handlungsbereich „Menschliche Gesundheit“ hinsichtlich des Umgangs mit den potenziellen Auswirkungen aus der Zunahme der Hitzebelastung als *hoch* bewertet werden. Für die potenziellen Auswirkungen, die aus einer Zunahme der Infektionskrankheiten und der weiteren Verbreitung von Allergenen resultieren, wird die Anpassungskapazität nur als *mittel bis hoch* eingeschätzt.

Bewertung der Vulnerabilität

Für die Vulnerabilitätsbewertung im Handlungsbereich „Menschliche Gesundheit“ der MPR HB-OL wird zwischen zwei Wirkpfaden des Klimawandels unterschieden: zum einen wird die Hitzebelastung betrachtet, zum anderen Infektionskrankheiten und Allergene. Die Vulnerabilität durch Hitzekeimtage und -perioden wird aufgrund der *mittel bis hohen* potenziellen Auswirkungen und der *hohen* Anpassungskapazität insgesamt als *gering bis mittel* bewertet. Die Vulnerabilität bezüglich Infektionskrankheiten und Allergenen wird insgesamt als *gering* bewertet, da hier die potenziellen Auswirkungen nur als *gering bis mittel* und die Anpassungskapazität *mittel bis hoch* bewertet wird.

4.2 Bauwesen

Jan Spiekermann, Stefan Wittig

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Sektor Bauwesen findet sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.2.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

In der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) sind insbesondere folgende potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf Gebäude und Bauwerke und damit auf den Sektor Bauwesen zu erwarten (vgl. BMVBS & BBR 2008c; Grothmann et al. 2009):

- Infolge der erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit von **Temperaturextremen und Hitzeperioden** ist mit einer Zunahme der Hitzebelastung von Wohn- und Arbeitsstätten sowie mit höherem Hitzestress für die dort lebenden bzw. arbeitenden Menschen zu rechnen. Die Sensitivität von Gebäuden gegenüber Sonneneinstrahlung und hohen

Temperaturen ergibt sich aus dem Zusammenspiel verschiedener Faktoren wie z. B. Gebäudeausrichtung, Größe und Anordnung von Fensterfronten, Wärmedämmung der Außenhülle etc. Insbesondere in den Städten der MPR HB-OL kann es zu einer klimawandelbedingten Verstärkung von Wärmeinseleffekten kommen, die sich auch auf den Gebäudebestand auswirken werden. Dies kann neben Einschränkungen der Lebensqualität bzw. des thermischen Komforts sowie der Arbeitsproduktivität auch gesundheitliche Probleme (Herz-Kreislauf-Erkrankungen etc.) oder sogar Todesfälle nach sich ziehen (s. Kap. 4.1). Aufgrund der küstennahen Lage sind in der MPR HB-OL aber trotz der Zunahme von Sommer- bzw. Hitzetagen und Tropennächten nur relativ moderate Auswirkungen durch zunehmende Hitzebelastungen auf den Gebäudebestand zu erwarten.

- Im Zuge des Klimawandels ist mit **häufigeren und intensiveren Starkregenereignissen** zu rechnen. Diese können direkt (durch Schlagregen) oder indirekt (durch Überlastung der Dachentwässerungssysteme, Rückstau aus der Kanalisation, anstauendes Oberflächenwasser im Gebäudeumfeld) zu Schäden an bzw. in Gebäuden führen (z. B. Durchfeuchtung von Fassaden- und Sockelbereichen, Eintritt von Wasser ins Gebäudeinnere). Da Starkregenereignisse in ihrem räumlichen Auftreten ubiquitär sind, weisen prinzipiell alle Gebiete und Gebäude der MPR HB-OL eine Sensitivität gegenüber solchen Extremereignissen auf. Besonders stark gefährdet sind jedoch solche Gebiete und Gebäude(teile), die unterhalb des Gelände-/Straßenniveaus – und damit unterhalb der Rückstauenebene des Kanalisationssystems – liegen und bei einer Überlastung des Systems überschwemmt werden können. Zudem weisen Gebäude mit einer schlagregenempfindlichen Fassade und/oder einer unzureichend dimensionierten Dachentwässerung eine besondere Sensitivität gegenüber Starkregenereignissen auf.
- Die saisonale Verschiebung der Jahresniederschläge und die Veränderungen der klimatischen Wasserbilanz führen zu länger anhaltenden Trockenperioden im Sommer und Nässeperioden im Winter. Dies kann vor allem in den stark grundwasserbeeinflussten Marsch- und Moorgebieten der MPR HB-OL stärkere **Schwankungen des Bodenwasserhaushalts und Grundwasserspiegels** und daraus resultierende negative Folgen für Baugrund und Bauwerke nach sich ziehen (z. B. Setzungsrisse an Bauwerken infolge von Hebungs- und Senkungsprozessen aufgrund schwankender Wassersättigung des Baugrunds, Durchfeuchtung von im Erdreich liegenden Bauwerksteilen infolge hoher Grundwasserspiegel, Geländesackungsprozesse in Moorgebieten und Fäulnisschäden an Holzrammpfählen mangels Luftabschluss infolge niedriger Grundwasserspiegel).
- Der **Anstieg des mittleren Tidehochwassers und der Sturmflutwasserstände** sowie die mögliche **Zunahme von Binnenhochwasserereignissen** führen in der MPR HB-OL – sofern die Schutzmaßnahmen nicht angepasst werden – zu einer erhöhten Überschwemmungsgefährdung von in sturmflutgefährdeten und/oder binnenhochwassergefährdeten Bereichen liegenden Gebäuden und Bauwerken. Dies resultiert zum einen aus der sich erhöhenden Versagenswahrscheinlichkeit von Schutzanlagen, die sich aus der stärkeren Belastung durch Sturmfluten und Hochwasser ergibt. Zum anderen führen höhere Sturmflut- und Binnenhochwasserpegel im Falle eines Deichversagens zu einer Zunahme der Überschwemmungsausdehnung und -tiefe, wodurch sich die Anzahl potenziell betroffener Gebäude und Bauwerke sowie deren potenzieller Schädigungsgrad erhöht. Durch Hochwasserereignisse können neben der Gefährdung von Menschenleben erhebliche Schäden an der Inneneinrichtung von Gebäuden, elektrischen Installationen, Heizungsanlagen etc. resultieren. Als schädigende Faktoren einer Überschwemmung treten neben dem Eindringen von Wasser ins Gebäude auch dynamische Einwirkungen der Wassermassen auf ein Bauwerk auf, wie z. B. Wasserdruck, Auftrieb und Unterspülungen. Besonders stark von den klimawandelbedingten Veränderungen betroffen sind solche Gebäude und Bauwerke, die nicht durch Hochwasserschutzanlagen geschützt sind, die also vor der Küstenschutzlinie (z. B. einzelne Häuser am Weserufer in Brake) bzw. innerhalb von Überschwemmungsgebieten an Flüssen liegen.
- Zunehmende klimawandelbedingte Feuchtebelastungen von Gebäuden und Bauwerken (z. B. infolge von Starkregenereignissen oder temporär ansteigendem Grundwas-

erspiegel) können möglicherweise zu höheren **Belastungen durch biotische Folgewirkungen** führen. Vor allem organische Baustoffe wie z. B. Holz und Reet sind anfällig gegenüber Fäulnisschäden, Pilzbefall und Auftreten von Materialschädlingen.

- In der MPR HB-OL ist mit einer leichten **Zunahme von Sturmtagen und maximalen Windgeschwindigkeiten** zu rechnen, die zu einer Zunahme von durch Windeinwirkung verursachten Gebäudeschäden führen können. Zudem ist in Deutschland mit einer Zunahme örtlicher Tornados (Wirbelstürme) zu rechnen (BMVBS & BBR 2008c). Die Sensitivität von Gebäuden und Bauwerken gegenüber Windeinwirkungen hängt ab von Lage, Höhe und Form eines Bauwerks, der Luftdurchlässigkeit der Gesamtkonstruktion, der Ausgestaltung von Gebäudeöffnungen sowie der Struktur der Dachfläche. Besonders sensitiv sind Gebäude und Bauwerke, wenn sich diese in windexponierter Lage befinden (z. B. an der Küste, auf offener Ebene oder auf einer Anhöhe) oder aufgrund ihrer Bauweise besondere windanfällig sind. Sturmereignisse mit hohen Windgeschwindigkeiten können zur Beschädigung von Dächern und Gebäudeaußenhüllen (z. B. Fenster, Fassadenverkleidungen, Rollläden, Jalousien) bzw. -anlagen (z. B. Satellitenschüsseln, Antennen, Solar-/Photovoltaikanlagen) führen. Strukturelle Schäden oder der Zusammenbruch ganzer Gebäude sind in der MPR HB-OL aufgrund der vorherrschenden Massivbauweisen dagegen äußerst selten.
- Da möglicherweise infolge des Klimawandels **Hagelschlagereignisse** mit Hagelkorngrößen von deutlich über 1 cm Durchmesser vermehrt auftreten könnten (BMVBS & BBR 2008c), ist mit größeren hagelschlagbedingten Gebäudeschäden zu rechnen. In der Regel ist die kinetische Energie der Hagelkörner so gering, dass nur leichte Schäden, z. B. Abplatzen von Farbe, auftreten. Extrem große Hagelkörner können jedoch zur Schädigung empfindlicher Dach- und Fassadenmaterialien führen. Zudem sind Beschattungselemente, insbesondere Markisen, Jalousien und Rollläden, empfindlich gegenüber Hagel. Bei starkem Hagelschlag kann es auch zu Schäden an Dachziegeln, Dach- bzw. wetterseitigen Fenstern und Solar-/Photovoltaikanlagen kommen. Da Hagelzüge – ähnlich wie Starkregenereignisse - in ihrem räumlichen Auftreten ubiquitär sind, weisen prinzipiell alle Gebiete und Gebäude der MPR HB-OL eine Sensitivität gegenüber solchen Extremereignissen auf.
- Die **Abnahme von Schneemenge und Schneetagen** führt dazu, dass die – aufgrund des geringen Anteils von Schnee an der Gesamtniederschlagsmenge – ohnehin geringe Bedeutung von Schneelasten für Gebäude und Bauwerke in der MPR HB-OL durch den Klimawandel eher noch abnehmen wird. Durch die **Abnahme von Frost- und Eis-tagen** ist in der MPR HB-OL mit einem Rückgang von Frostschäden an Gebäuden und Bauwerken zu rechnen.

4.2.2 Anpassungskapazität

Anpassungswissen

Da Gebäude und Bauwerke seit jeher extremen Wetterereignissen ausgesetzt sind, haben sich in der Vergangenheit z. T. regional differenzierte, an das jeweilige Wetter- bzw. Klimageschehen angepasste Bauweisen entwickelt, die den spezifischen Standortanforderungen gewachsen waren. Die im Laufe der Zeit entwickelten Anpassungsstrategien und -maßnahmen an solche Ereignisse, eignen sich grundsätzlich auch für die Anpassung an den Klimawandel, da es sich bei diesem ja letztlich „nur“ um eine Verschärfung und Häufung bereits bekannter Extremereignisse handelt, durch ihn jedoch keine völlig neuen Herausforderungen auf den Sektor Bauwesen zukommen. Vielmehr geht es darum, bereits bekannte Anpassungsstrategien und -maßnahmen konsequent und vorausschauend anzuwenden und zu erweitern. Dabei können möglicherweise auch historisch bekannte, aber heutzutage nur noch wenig angewandte Strategien und Maßnahmen eine Rolle spielen (z. B. hochwasserangepasstes Bauen auf Werten, Verwendung regional-typischer, klimaangepasster Baumaterialien). Das Wissen über die tatsächlichen klimawandelbedingten Auswirkungen auf den Sektor Bauwesen und daraus resultierende Anpassungserfordernisse ist allerdings z. T. noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet (z. B. im Hinblick auf die Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmter Extremereignisse).

Anpassungsoptionen

Im Sektor Bauwesen lassen sich grundsätzlich folgende zwei Arten von Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels unterscheiden (vgl. Grothmann et al. 2009):

- **Bauliche Anpassungsmaßnahmen** zielen darauf ab, Gebäude und Bauwerke unempfindlich gegenüber klimawandelbedingten Naturgefahren auszugestalten. Während bei Neubauten zukunftsorientierte Planungen durch den Einsatz neuer, an sich ändernde Bedingungen angepasster Materialien und Konstruktionen von vornherein umsetzbar sind, gestaltet sich die Anpassung im Bestand schwieriger, da hier „nachträgliche“ Maßnahmen erforderlich sind, die sich z. T. nur mit erheblichem finanziellen und technischen Aufwand umsetzen lassen.
- **Verhaltensbezogene Anpassungsmaßnahmen** umfassen dagegen organisatorische Vorkehrungen und Maßnahmen zum richtigen Verhalten vor und während eines extremen Naturereignisses (z. B. Evakuierungen, Einsatz von temporären Schutzvorkehrungen, Verbringung von Wertgegenständen in sichere Bereiche). In diesem Zusammenhang spielen insbesondere Hitze-Frühwarnsysteme (s. Kap. 4.1) und Hochwasser- bzw. Sturmflutwarndienste sowie die Unwetterwarnungen des Deutschen Wetterdienstes (s. Kap. 4.12) eine wichtige Rolle.

Bauplanung, -technik und -ausführung haben in der MPR HB-OL einen hohen Standard und sind auf die regional vorherrschenden Wetter- und Klimabedingungen sowie bestimmte Extremereignisse ausgerichtet. Obwohl sich viele Effekte des bevorstehenden Klimawandels wahrscheinlich innerhalb dieser Standards bewältigen lassen, besteht besonders hinsichtlich der Zunahme von heute noch als Extremereignis angesehenen, in Zukunft aber möglicherweise „regulär“ auftretenden Ereignissen ein erhöhter Anpassungsbedarf. Diesen Herausforderungen kann durch eine Vielzahl baulicher und technischer Maßnahmen begegnet werden (vgl. BMVBS 2008; BMVBS & BBR 2008c; Grothmann et al. 2009):

- Die **Anpassung an Temperaturextreme und Hitzeperioden** sollte aus Klimaschutzgründen weitestgehend ohne den Einsatz konventioneller Klimaanlage erfolgen. Stattdessen können z. B. folgende Technologien eingesetzt werden: passive Nachtlüftung, Fassaden- und Dachdämmung in Kombination mit der Verwendung antizyklischer Latentwärmespeicher, Erdwärmetauscher zur Frischluftvorkühlung und solargestützte Klimatisierung. Darüber hinaus können auch folgende Maßnahmen zur Verbesserung des Gebäudeklimas beitragen: Reduktion solarer Einträge durch begrenzte Fensterflächenanteile und abgestimmte Tageslichtarchitektur, Nutzung von Sonnenschutzvorrichtungen und -verglasungen, Reduzierung innerer Wärmequellen, Einsatz von Dach- und Fassadenbegrünungen sowie landschaftsarchitektonischen Elementen im unmittelbaren Gebäudeumfeld (z. B. Bäume, Grünflächen und Wasserelemente).
- Maßnahmen zur **Anpassung an Starkregenereignisse** umfassen z. B. die schlagregenresistente Gestaltung von Gebäudefassaden, die Verbesserung der Dachentwässerung durch Anbringung zusätzlicher bzw. größerer Dachrinnen und Fallrohre, die Errichtung erhöhter Lichtschachteinfassungen zum Schutz vor Wassereintritt in Kellerfenster, die Minderung von Niederschlagsabflüssen durch Realisierung dezentraler Rückhalte- und Versickerungsmöglichkeiten, die Neudimensionierung von Entwässerungs- und Kanalisationssystemen sowie den Einbau von Rückstauklappen bzw. -schiebern in Gebäudeanschlüssen.
- Maßnahmen zur **Anpassung an stärkere Schwankungen des Grundwasserspiegels** bestehen z. B. in der Anlage von Dränagen und der Abdichtung von im Erdreich liegendem Fundament und Mauerwerk gegen Feuchteinwirkungen („Schwarze“ bzw. „Weiße Wanne“).
- Die wirksamste Methode zur **Anpassung an steigende Überschwemmungsgefahren** durch Binnenhochwasser und Sturmfluten besteht in der Einschränkung der Bebauung in überschwemmungsgefährdeten Bereichen. Darüber hinaus können folgende

bauliche Vorsorgemaßnahmen durchgeführt werden, um Gebäudeschäden zu vermeiden bzw. zu reduzieren: angepasste Gebäudenutzungen (z. B. hochwasserresistente Nutzung von Untergeschossen, Verlagerung hochwertiger bzw. empfindlicher Nutzungen in hochwassersichere Obergeschosse), Verwendung wasserundurchlässiger Materialien für Außen- und Kellerwände, Maßnahmen zum Schutz vor Auftrieb und Unterspülung, Einsatz stationärer (z. B. Schutzmauern) und mobiler Hochwasserschutz Elemente (z. B. Einselemente für Tür- oder Fensteröffnungen), erhöhte Anordnung von Gebäuden und Bauwerken auf Wurzeln, Stelzen oder Mauern, Errichtung (auf)schwimmender Gebäude („floating homes“ bzw. „amphibian homes“).

- Im Hinblick auf die **Anpassung an erhöhte Windlasten** sind folgende bauliche und technische Maßnahmen geeignet: Verstärkungen der Dach- und Tragwerkskonstruktion, Befestigung von Dachziegeln und Blechdächern mit Sturmklammern, Verwendung von für hohe Windlasten ausgelegten und mit Windsensoren ausgestatteten Rollläden, Markisen, Jalousien etc., Integration von Einbauteilen in das Grundprofil der Dachdeckung (z. B. dachintegrierte Photovoltaikanlagen oder Thermokollektoren), Installation von Außenanlagen wie Satellitenschüsseln und Antennen an windgeschützten Gebäudeteilen.
- Maßnahmen zur **Anpassung an Hagelschlagereignisse** bestehen in der Verwendung hagelresistenter Materialien für die Gebäudehülle sowie im Einsatz von Schutznetzen und Schutzgittern über empfindlichen Gebäudepartien.

Aufgrund der langen Lebensdauer von Gebäuden und Bauwerken ist es wichtig, bauleitplanerische, architektonische und gebäudetechnische Konzepte frühzeitig und vorausschauend an sich abzeichnende klimatische Veränderungen und deren Folgewirkungen anzupassen. Dies gilt sowohl für die Errichtung von Neubauten als auch für Erneuerungs- und Sanierungsarbeiten im Gebäudebestand. In diesem Zusammenhang sind insbesondere folgende **Instrumente** von Bedeutung:

- Die planerischen Voraussetzungen zur Zulässigkeit von Bebauung und Nutzung einzelner Grundstücke werden durch das im Baugesetzbuch (BauGB) und in der Baunutzungsverordnung (BauNVO) geregelte **Bauplanungsrecht** geschaffen. Im Hinblick auf die Abwehr von Naturgefahren (wie z. B. die Auswirkungen des Klimawandels) ist insbesondere § 9 Abs. 5 Nr. 1 BauGB von Bedeutung, der vorsieht, dass im Bebauungsplan diejenigen Flächen gekennzeichnet werden sollen, „bei deren Bebauung besondere bauliche Vorkehrungen gegen äußere Einwirkungen oder bei denen besondere bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Naturgewalten erforderlich sind“. Vor dem Hintergrund des Klimawandels sollten bei der Kennzeichnung o. g. Flächen unbedingt auch die erst zukünftig zu erwartenden Auswirkungen berücksichtigt werden.
- Über das in den Landesbauordnungen (NBauO und BremLBO) geregelte **Bauordnungsrecht** sind Regelungen zur Gefahrenabwehr bei einzelnen Bauvorhaben sowie zu baulichen Gestaltungsbestimmungen möglich, die entweder im Rahmen eines Bebauungsplans oder über andere Satzungen erlassen werden können. Hinsichtlich der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen sind z. B. folgende bauordnungsrechtliche Aspekte von Relevanz: Verpflichtung zur Berücksichtigung einer geeigneten Anordnung und Beschaffenheit baulicher Anlagen zur Vermeidung von Gefahren durch Wasser und Feuchtigkeit; Möglichkeit der Begrenzung des Versiegelungsgrads von Grundstücksflächen; Festsetzung von Maßnahmen zur Versickerung, Sammlung oder Verwendung von Niederschlagswasser auf dem Baugrundstück; Festsetzungen zur Bepflanzung und Begrünung baulicher Anlagen (Dach- und Fassadenbegrünungen).
- Gemäß den Vorschriften der **Energieeinsparverordnung** (EnEV) sind zu errichtende Gebäude u. a. so auszuführen, dass sie den Anforderungen an einen sommerlichen Wärmeschutz entsprechen. Es wird gefordert, die durch Sonneneinstrahlung verursachte Aufheizung von Räumen so weit zu begrenzen, dass ein behagliches Raumklima gewährleistet wird. Die EnEV sieht vor, dabei nach Möglichkeit auf den Einsatz von Klimatisierung zu verzichten und die erstmalig formulierten Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz stattdessen durch alternative Maßnahmen zu gewährleisten, wie z. B. die Ausrichtung und Größe von Fenstern, die Art der Verglasung, die Re-

- duzierung interner Wärmequellen, die Verwendung von Sonnenschutzvorrichtungen und Baustoffen mit geeigneter Wärmespeicherkapazität.
- Für die Errichtung von Gebäuden und Bauwerken gibt es zahlreiche **Baunormen** (DIN-Normen z. B. zur Tragwerksbemessung hinsichtlich einwirkender Wind- und Schneelasten, zur Dachentwässerung oder zum sommerlichen Wärmeschutz) und zugehörige **Bemessungshilfen** (z. B. Karten mit Schlagregenzonierungen, Schneelast- und Windlastzonen oder thermische Simulationen im Rahmen der Erstellung von Klimakonzepten für Gebäude). Bisher stützen sich die in Baunormen und Bemessungshilfen festgeschriebenen Anforderungen an die Sicherheit und Wetter- bzw. Klimaangepasstheit von Gebäuden und Bauwerken auf Mittelwerte vergangener Beobachtungsperioden des Klimas. Die Dynamik des Klimawandels verstärkt jedoch die Notwendigkeit, auch Klimaprojektionen in die Normierungen und entsprechenden Bemessungshilfen einzubeziehen, denn Gebäude werden nicht für wenige Jahre, sondern für Jahrzehnte gebaut bzw. erneuert und unterliegen somit auch langfristigen klimawandelbedingten Veränderungen (BMVBS & BBR 2008c).
 - Gefahren für Immobilien durch Feuer, Leitungswasser, Sturm und Hagel sind i. d. R. durch den Abschluss einer **Gebäude- bzw. Hausratversicherung** versicherbar. Sowohl in der Gebäude- als auch in der Hausratversicherung erstreckt sich der Versicherungsschutz jedoch nicht auf Schäden durch z. B. Hochwasser, Niederschläge oder einen durch diese Gefahren hervorgerufenen Rückstau. Dies kann allerdings z. T. über den Abschluss einer erweiterten **Elementarschadenversicherung** erfolgen, die zusätzlich auch durch extreme Naturereignisse hervorgerufene Schäden abdeckt, z. B. infolge von Überschwemmungen, Rückstau oder Schneedruck. Aufgrund der zu erwartenden, teilweise immensen Schadenshöhen findet im Vorfeld des Abschlusses einer Elementarschadenversicherung eine genaue Prüfung der Risikofaktoren seitens des Versicherungsträgers statt. Für die Versicherbarkeit und die Höhe der Beiträge ist die Lage der zu versichernden Immobilie entscheidend. Grundsätzlich nicht versicherbar sind Sturmflutschäden und Schäden durch Grundwassereinwirkungen (Website BdV).
 - Um Anreize für ein klimaangepasstes Bauen zu schaffen – und dadurch die volkswirtschaftliche Verwundbarkeit zu reduzieren –, könnten in Anlehnung an die KfW-Programme „Energieeffizient Bauen“ und „Energieeffizient Sanieren“ des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms des Bundes auch im Bereich der Klimaanpassung **Förderprogramme** aufgelegt werden. Dabei können auch Synergieeffekte zwischen Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen genutzt werden, z. B. im Bereich der Gebäudeisolation und -dämmung, die sowohl der Energie- und Treibhausgaseinsparung (Klimaschutz) als auch dem Schutz vor sommerlicher Überwärmung (Klimaanpassung) dienen kann.

Anpassungsbereitschaft

Haushalte und Unternehmen treffen in Gebieten, die eine erhöhte Gefährdung für Wetterextreme und deren Folgen aufweisen, oftmals nur in geringem Maße präventive Vorkehrungen, um das Risiko für Leben und Eigentum zu verringern. Dies gilt insbesondere in solchen Gebieten, die bisher noch nie oder sehr selten von extremen Wetterereignissen bzw. deren Folgen betroffen waren (Grothmann 2005). Die Anpassungsbereitschaft im Sektor Bauwesen hängt demnach entscheidend von der Risikowahrnehmung und Bewältigungsbewertung der relevanten Akteure (Bauherren, Gebäudeeigentümer, Investoren, Planer, Architekten, Ingenieure, Fachhandwerker etc.) ab. Unterstützt werden kann die Anpassungsbereitschaft durch die Schaffung eines Bewusstseins für die Gefährdung durch Wetterextreme und deren Folgen (**Risikoinformationen**) und durch das Aufzeigen von Möglichkeiten der Wetterextrem-Vorsorge (**Anpassungsinformationen**) sowie durch **finanzielle Anreize** und eine Verbesserung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses von proaktiven Anpassungsmaßnahmen, z. B. durch Förderprogramme oder die Einführung günstigerer Versicherungsprämien bei hoher privater Schadensvorsorge.

Die vorausschauende Umsetzung von Anpassungsstrategien und -maßnahmen an mögliche, zu einem späteren Zeitpunkt eintretende Klimawandelfolgen ist zunächst mit erhöhten Kosten verbunden. Dennoch kann sich eine frühzeitige Anpassung an klimatische Veränderungen finanziell

lohnen, da neben der Vermeidung zusätzlicher Kosten für spätere Anpassungsmaßnahmen auf diese Weise von vornherein mögliche wetter- und klimabedingte Schäden reduziert und die Sicherheit sowie der Komfort von Wohn-, Arbeits- und Produktionsstätten erhöht werden können. Grothmann et al. (2009) plädieren in diesem Zusammenhang dafür, nicht primär die Investitionskosten sondern stärker die Lebenszykluskosten eines Gebäudes zu betrachten.

Zukünftig werden neben Aspekten wie „Wärmedämmstandard“ oder „Standort“ möglicherweise auch Faktoren wie „Anfälligkeit gegenüber klimawandelbedingten Naturgefahren“ zu Wert bestimmenden Merkmalen für Immobilien, die über Verkauf oder Nichtverkauf bis hin zu Erhalt oder Abriss entscheiden können. Eine solche Entwicklung könnte als zusätzliche Triebfeder für eine vorsorgende Umsetzung von baulichen Anpassungsmaßnahmen sowohl bei Neubauten als auch bei Erneuerungs- oder Sanierungsarbeiten im Bestand wirken (BMVBS & BBR 2008c).

4.2.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Sektor „Bauwesen“ in der MPR HB-OL sind je nach Wirkungspfad unterschiedlich zu bewerten: So sind die potenziellen Auswirkungen durch auf Gebäude und Bauwerke einwirkende Hitzebelastungen sowie durch Starkregenereignisse und Schwankungen des Bodenwasserhaushalts bzw. Grundwasserspiegels hervorgerufene Gebäude- und Bauwerksschäden als *mittel* einzuschätzen. Als lediglich *gering bis mittel* sind die potenziellen Auswirkungen im Hinblick auf durch Sturmereignisse hervorgerufene Schäden einzustufen, da in der MPR HB-OL aufgrund der küstennahen Lage seit jeher hohe Windgeschwindigkeiten auftreten und daher bereits eine gut angepasste Bauweise vorhanden ist. Die potenziellen Auswirkungen auf Gebäude und Bauwerke durch sturmflut- bzw. binnenhochwasserbedingte Überschwemmungen sind stark abhängig von zukünftigen Anpassungsmaßnahmen im Küsten- (s. Kap. 4.4) und Binnenhochwasserschutzsystem (s. Kap. 4.3) und können daher als *gering bis hoch* eingeschätzt werden. Noch relativ unsicher ist die Einschätzung der potenziellen Auswirkungen, die durch Hagelschlag und klimawandelbedingte Schädigungen organischer Baustoffe (Fäulnis, Pilzbefall, Materialschädlinge etc.) entstehen können. Weniger bedeutsam werden die Auswirkungen durch Schneelasten und Frostschäden aufgrund der klimawandelbedingten Abnahme von Schneemenge und Schneetagen sowie Frost- und Eistagen sein. Insgesamt lassen sich die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Sektor Bauwesen damit als ***gering bis mittel*** einstufen.

Bewertung der Anpassungskapazität

Anpassungswissen: Da es sich bei den klimawandelbedingten Herausforderungen im Sektor „Bauwesen“ i. d. R. um die Zunahme bereits bekannter Extremereignisse und deren Folgen (z. B. Hitze, Starkregen, Sturm, Hochwasser) oder klima- bzw. wetterbeeinflusster Phänomene (z. B. Schwankungen des Grundwasserspiegels) handelt, ist bereits ein großes Erfahrungswissen vorhanden, das für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen genutzt werden kann. Es bestehen jedoch z. T. noch erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen Auswirkungen durch klimawandelbedingt veränderte Intensität von Extremereignissen. Insgesamt ist das Anpassungswissen daher als *mittel* einzustufen.

Anpassungsoptionen: Im Sektor „Bauwesen“ gibt es eine Vielzahl von Anpassungsmaßnahmen, mit Hilfe derer den potenziellen Auswirkungen des Klimawandels begegnet werden kann. Oftmals ist die Umsetzung dieser Maßnahmen jedoch mit erheblichem finanziellem Mehraufwand verbunden, insbesondere bei nachträglichen Maßnahmen an bereits bestehenden Gebäuden bzw. Bauwerken. Sowohl das Bauplanungs- bzw. Bauordnungsrecht und die Energieeinsparverordnung als auch die vielfältigen Baunormen und Bemessungshilfen bieten grundsätzlich geeignete Ansatzpunkte für die Berücksichtigung von Extremwetterrisiken im Rahmen von Bauvorhaben. Entscheidend wird sein, dass das vorhandene Instrumentarium auch im Hinblick auf zukünftige, durch den Klimawandel hervorgerufene Risiken angepasst und konsequent angewandt wird. Zusätzliche Potenziale zur Klimaanpassung liegen zudem im Ausbau bereits vorhandener Versicherungsinstrumente und in der Schaffung von Förderprogrammen. Der Faktorenkomplex der Anpassungsoptionen kann insgesamt als *mittel bis hoch* bewertet werden.

Anpassungsbereitschaft: Die Bereitschaft von Eigentümern zur vorsorgenden Anpassung ihrer Gebäude bzw. Bauwerke an zukünftige Auswirkungen des Klimawandels ist i. d. R. nicht besonders ausgeprägt. Wenn Anpassung erfolgt, dann meist erst als Reaktion auf eingetretene Extremereignisse. Die Anpassungsbereitschaft kann jedoch mit Hilfe von Risiko- und Anpassungsinformationen sowie durch finanzielle Anreize erhöht werden, so dass sie insgesamt als *gering bis mittel* eingeschätzt werden kann.

Den als *mittel* bzw. *mittel bis hoch* eingestuften Bereichen Anpassungswissen und Anpassungsmöglichkeiten steht eine *geringe bis mittlere* Anpassungsbereitschaft gegenüber. Insgesamt ist die Anpassungskapazität im Sektor Bauwesen daher als **mittel** einzuschätzen.

Bewertung der Vulnerabilität

Aus der Kombination der als *gering bis mittel* eingestuften potenziellen Auswirkungen des Klimawandels mit der als *mittel* eingeschätzten Anpassungskapazität ergibt sich eine **geringe bis mittlere** Vulnerabilität des Sektors „Bauwesen“ in der MPR HB-OL.

4.3 Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz

Stefan Wittig, Jan Spiekermann, Tim Bildstein

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Bereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz findet sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.3.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

Der Handlungsbereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz hat in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) vielfältige, mit jeweils unterschiedlichen Problemlagen behaftete Aufgaben und wird deshalb untergliedert in die Teilbereiche Binnenhochwasserschutz, Wassermanagement in den Küstenniederungen, Siedlungswasserwirtschaft sowie Gewässerschutz und Sicherung von Wasserressourcen.

Binnenhochwasserschutz: Der Binnenhochwasserschutz hat die Aufgabe, zivilisatorische Werte (z. B. Gesundheit, Leben, Infrastrukturen, Gebäude und Bauwerke) sowie die gesellschaftliche Funktionsfähigkeit vor Beeinträchtigungen und Schäden durch Hochwasserereignisse zu schützen (LAWA 2004). Als natürliche Einflussfaktoren für das Ausmaß eines Hochwassers spielen neben Niederschlagscharakteristik (Art, Intensität, Menge, Dauer und räumliche Ausdehnung) und Evapotranspiration auch die Geomorphologie und Wasseraufnahmekapazität im Flusseinzugsgebiet (Infiltrationsbedingungen, Wassersättigung des Bodens) eine wichtige Rolle (NLWKN 2005). Eine besondere Bedeutung im Hinblick auf die Gefährdung durch Binnenhochwasser haben in der MPR HB-OL die (Mittel-)Weser und ihre Nebenflüsse, deren Abflussmengen saisonalen Schwankungen unterworfen sind. Insbesondere im Winter/Frühjahr kommt es zu Hochwasserabflüssen, die im Extremfall zu starken Hochwasserereignissen führen können, wie z. B. in den Jahren 1881 und 1981. Neben der Weser waren in der Vergangenheit auch andere kleinere Flüsse in der MPR HB-OL von Hochwasserereignissen betroffen, z. B. die Delme und die Wüme. Dies verdeutlicht, dass die MPR HB-OL zwar insgesamt eine gewisse Sensitivität gegenüber Binnenhochwasserereignissen aufweist, in der jüngeren Vergangenheit in dieser Region allerdings keine derart katastrophalen Hochwasserereignisse aufgetreten sind wie beispielsweise im Jahr 2002 an der Elbe oder im Jahr 1997 an der Oder.

Wie die Ergebnisse der im Rahmen von ‚nordwest2050‘ durchgeführten Niederschlagsabflussmodellierung der Weser und ihrer Teileinzugsgebiete verdeutlichen, werden die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien projizierten Veränderungen im Niederschlagsregime (Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter) zu einer Zunahme des mittleren Abflusses (MQ)

in den Wintermonaten führen (DHI-WASY 2010). Auch Hennegriff et al. (2006) gehen davon aus, dass infolge der Zunahme winterlicher Niederschläge und einer häufigeren Feuchtigkeitssättigung des Bodens in den Wintermonaten zukünftig mehr Niederschlagswasser zum Abfluss gelangen wird. Dies könnte neben erhöhten mittleren Abflüssen (MQ) auch eine Zunahme der mittleren Hochwasserabflüsse (MHQ) sowie von extremen Hochwasserabflüssen (HQ_x) bewirken. Zudem kann es infolge einer Zunahme von Starkregenereignissen insbesondere in Gewässern mit einem kleinen Einzugsgebiet häufiger zu kurzfristigen und lokal begrenzten Hochwasserereignissen kommen. Eine mögliche Zunahme der Abflussmengen – insbesondere von extremen Binnenhochwasserereignissen mit Wiederkehrwahrscheinlichkeiten von 100 Jahren oder mehr – würde dazu führen, dass sich die Versagenswahrscheinlichkeiten der auf ein bestimmtes Bemessungshochwasser (i. d. R. HQ₁₀₀) ausgelegten Hochwasserschutzanlagen – und damit auch das Hochwasserrisiko in geschützten Bereichen – erhöht.

Eine Besonderheit des Binnenhochwasserschutzes in der MPR HB-OL besteht zudem in der Gefahr eines Rückstaus des Hochwasserabflusses aus der Mittelweser und den durch Sturmflutsperrwerke geschützten Unterweser-Nebenflüssen (Hunte, Ochtum, Geeste und Lesum inkl. Hamme und Wümme), der bei zeitgleichem Auftreten hoher Tidewasserstände (Sturmflut) in der Unterweser bzw. Unterelbe auftreten kann. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines zeitgleichen Eintretens von extremen Hochwasserabflüssen und hohen Sturmflutwasserständen als sehr gering anzusehen ist (vgl. INNIG: Brencher et al. 2007), erhöht sich aufgrund der klimawandelbedingten Zunahme der Hochwasserabflüsse und Sturmflutwasserstände gleichwohl das mit einem solchen Rückstau verbundene Risiko.

Wassermanagement in den Küstenniederungen: In den Küstenniederungen der MPR HB-OL ist in der Vergangenheit aufgrund der zum großen Teil nur knapp oberhalb bzw. teilweise sogar unterhalb von NN gelegenen Flächen (Höhenlagen von ca. NN -1 bis +2 m) ein umfangreiches, künstlich angelegtes Wassermanagementsystem aus Gräben und Sielen entstanden, über das überschüssiges Wasser durch entsprechende Sielbauwerke in der Deichlinie abgeführt werden kann. Da eine Entwässerung durch freien Sielzug aufgrund der Außenwasserstände nur während einer kurzen Phase des Tideverlaufs möglich ist, sind die Sielbauwerke z. T. mit Schöpf- und Pumpwerken ausgestattet, mit deren Hilfe auch in der übrigen Zeit (d. h. bei höheren Außenwasserständen) entwässert werden kann. Gleichzeitig dient das Graben- und Sielsystem in sommerlichen Trockenzeiten der Zuwässerung für die Landwirtschaft, die auf eine ausreichende Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode und auf frisches Wasser in den auch der Viehtränke dienenden Gräben angewiesen ist (König & Wittig 2005).

Im Hinblick auf die **Entwässerung** der Küstenniederungsgebiete der MPR HB-OL ist insbesondere die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien projizierte starke Zunahme der Niederschlagsmengen in Herbst und Winter von Bedeutung. Darüber hinaus ist mit einem häufigeren Auftreten von Starkregenereignissen zu rechnen. Beides führt dazu, dass die zu entwässernde Wassermenge (die sich aus dem direkt in der Küsten- bzw. Unterwesermarsch anfallenden Wasser sowie den zusätzlich aus den umliegenden Geestgebieten oberirdisch und grundwasserbürtig zufließenden Wassermengen zusammensetzt) unter Klimawandelbedingungen sowohl saisonal als auch temporär (nach Starkregenereignissen) erheblich zunehmen kann. Zudem führt die klimawandelbedingte Erhöhung der Tideniedrigwasserstände zu einer Verminderung des Gefälles zwischen den Wasserständen der Außengewässer (Nordsee, Jadebusen, Unterweser) und denen der Siele, was zur Folge hat, dass weniger im freien Sielzug entwässert werden kann und stattdessen deutlich mehr gepumpt werden muss (vgl. KLIMU: Maniak et al. 2005).

Im Hinblick auf den Bedarf an **Zuwässerung** ist die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien projizierte Abnahme der sommerlichen Niederschläge sowie die mit dem Temperaturanstieg einhergehende Erhöhung der Evapotranspiration von Bedeutung. Beides zusammen führt dazu, dass sich die klimatische Wasserbilanz verschlechtert und damit die Wasserverfügbarkeit abnimmt, so dass insbesondere in den Sommermonaten vermehrt aus der Unterweser zugewässert werden muss. Allerdings resultiert aus dem klimawandelbedingten Anstieg der Tidewasserstände und niedrigeren sommerlichen Oberwasserabflüssen gleichzeitig eine stromauf Verlagerung der ästuarinen Brackwasserzone in der Unterweser, aus der sich für bestimmte Siele negative Konsequenzen für die Nutzung des Weserwassers zur Bewässerung der Marschen ergeben können (vgl. KLIMU: Grabemann et al. 2005).

Auch Bormann et al. (2009) prognostizieren auf Basis der im Rahmen des „Climate Proof Areas“-Projektes für das Untersuchungsgebiet Wesermarsch durchgeführten hydrologischen Modellierungen, dass die veränderte Saisonalität des Niederschlags und die damit einhergehenden Veränderungen der Wasserbilanz in zunehmendem Maße winterliche Ent- und sommerliche Zuwasserung in den Küstenniederungen erforderlich machen werden.

Siedlungswasserwirtschaft: Unter Siedlungswasserwirtschaft ist der Teil der Wasserwirtschaft zu verstehen, der die technischen Ver- und Entsorgungssysteme in bzw. für besiedelte Gebiete umfasst, d. h. die Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung und Regenwasserbewirtschaftung.

Im Bereich der **Trinkwasserversorgung** ist infolge der in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien projizierten steigenden sommerlichen Durchschnittstemperaturen und der Zunahme an Sommer- bzw. Hitzetagen und Tropennächten mit einer stärkeren Erwärmung des Trinkwassers im Verteilnetz zu rechnen. Insbesondere in dicht bebauten und versiegelten Gebieten, in denen sich die Oberfläche und darunter liegende Bodenschichten besonders stark aufheizen, sowie in Netzbereichen mit geringem Durchfluss kann sich daher das Risiko einer Wiederverkeimung des Trinkwassers leicht erhöhen (MUNLV NRW 2010). Aufgrund der sich verschlechternden sommerlichen klimatischen Wasserbilanz und vor dem Hintergrund länger anhaltender Trockenperioden kann es in der MPR HB-OL darüber hinaus gebiets- und zeitweise zu einem geringeren für die Wasserversorgung nutzbaren Grundwasserangebot kommen. Da dies gleichzeitig mit einer Erhöhung des privathaushaltlichen, gewerblichen und landwirtschaftlichen Wasserbedarfs in den trockener und wärmer werdenden Sommermonaten einhergehen wird, können im Extremfall u. U. Engpässe in der Trinkwasserversorgung auftreten (Pinnekamp et al. o. J.).

In den Bereichen **Abwasserentsorgung** und **Regenwasserbewirtschaftung** ist aufgrund der in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien projizierten Zunahme von Starkregentagen und der Verschiebung der Niederschlagsmengen vom Sommer in den Winter insbesondere mit folgenden potenziellen Auswirkungen zu rechnen (vgl. Höscher 2008; Kilian 2009; Pinnekamp et al. o. J.):

- Da sich vermutlich auch die Eintrittswahrscheinlichkeit solcher Starkregenereignisse erhöhen wird, die oberhalb der heutigen Bemessungsregenspenden liegen, ist mit einer häufigeren Überlastung von Kanalisationssystemen und Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung und einer daraus resultierenden Zunahme lokaler Überschwemmungsereignisse – insbesondere in stark versiegelten Siedlungsgebieten – zu rechnen.
- Neben den hydraulischen Spitzenbelastungen durch intensivere Starkregenereignisse werden sich aufgrund der saisonalen Verschiebung der Niederschlagsmengen in die Wintermonate auch die hydraulischen Grundlasten der Kanalisationssysteme erhöhen. Beides kann dazu führen, dass die Entlastungshäufigkeit und -dauer im Mischkanalisationssystem – und damit die Abgabe von ungeklärtem Schmutzwasser in Vorfluter und Gewässer – zunehmen werden.
- Aufgrund des Rückgangs der sommerlichen Niederschlagsmengen ist zukünftig mit einem deutlich geringeren Niederschlagsabfluss und längeren Trockenwetterperioden im Sommer zu rechnen. Die damit einhergehende Abnahme des Durchflusses kann in Mischwasserkanalisationen zu einer vermehrten Bildung von Ablagerungen fester Inhaltsstoffe mit den damit verbundenen hygienischen und betriebstechnischen Problemen führen.

Gewässerschutz und Sicherung von Wasserressourcen: Die Ressource Wasser dient neben seiner generellen ökologischen Bedeutung den unterschiedlichsten Nutzungen, insbesondere zu Zwecken der Trink- und Brauchwasserversorgung. Der Schutz von Gewässern und die Sicherung von Wasserressourcen spielt daher sowohl für den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen als auch für die Gesundheit der Bevölkerung und als Voraussetzung für wirtschaftliche Entwicklung eine wichtige Rolle. Aus den in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien projizierten Veränderungen können sich folgende potenzielle Auswirkungen auf die **Gewässergüte von Oberflächengewässern** ergeben (LAWA 2010):

- erhöhter starkregenbedingter Nähr- und Schadstoffeintrag aus landwirtschaftlichen Flächen,
- erhöhter Eintrag von Nähr- und Schadstoffen sowie Krankheitserregern durch eine zunehmende Entlastungshäufigkeit und -dauer von Mischwasserkanalisationssystemen infolge häufigerer Starkregenereignisse bzw. zunehmender winterlicher Niederschläge,
- erhöhte Konzentration und Verweilzeit von Nähr- und Schadstoffen infolge zunehmender Niedrigwasserabflüsse (für Unterweser s. a. KLIMU: Grabemann et al. 2005),
- reduzierte Konzentration an gelöstem Sauerstoff und erhöhte mikrobiologische Aktivität durch steigende Wassertemperaturen (für Unterweser s. a. KLIMU: Grabemann et al. 2005),
- erhöhter Salzwassereintrag durch Zuwässerung in das Siel- und Grabensystem der Küstenniederungen infolge des Anstiegs der Tidewasserstände und der daraus resultierenden Verlagerung der Brackwasserzone in der Unterweser (Grabemann et al. 2005; Bormann et al. 2009).

Durch den Klimawandel sind zudem häufigere temporäre **Einschränkungen des Brauchwasserdargebots aus Oberflächengewässern** zu erwarten. So kann beispielsweise der Anstieg der Weserwassertemperaturen Betriebseinschränkungen für den Kraftwerksbetrieb und andere Industriebetriebe, die einer mit Hilfe von Weserwasser realisierten Kühlung bedürfen, nach sich ziehen (vgl. KLIMU: Grabemann et al. 2005; s. Kap. 4.8).

Die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien abgebildeten Veränderungen der klimatischen Wasserbilanz werden zudem einen **Einfluss auf das Grundwasserdargebot** ausüben. So kann die Wechselwirkung zwischen feuchteren Wintern mit einer höheren Grundwasserneubildung und trockeneren, heißeren Sommern mit einer geringeren Grundwasserneubildung bzw. sogar Grundwasserzehrung sowie die zunehmende Variabilität der Niederschläge (extrem trockene bzw. nasse Jahre) zu stärkeren Schwankungen der Grundwasserspiegel und des Grundwasserdargebots führen (Neumann & Gudera 2006; LAWA 2010). Während der Klimawandel im Winter gebietsweise häufiger zu Vernässungen durch hoch anstehendes Grundwasser führen kann, kann es insbesondere in heißen Sommern, in denen sich der Wasserbedarf der Vegetation zum Teil deutlich erhöht, dagegen zu Wasserknappheit kommen. Diese Problematik kann zusätzlich durch die Intensivierung der landwirtschaftlichen Beregnung verschärft werden, die bei einer negativen Veränderung der sommerlichen klimatischen Wasserbilanz erforderlich werden könnte (Nds. MUK 2009; s. Kap. 4.7). Insgesamt kann dies dazu führen, dass Grundwasservorräte soweit zurückgehen, dass deren Nutzung beeinträchtigt wird (LAWA 2010). Zwar ist in der MPR HB-OL insgesamt auch unter Klimawandelbedingungen nicht mit größeren Einschränkungen des Grundwasserdargebots zu rechnen, aber dennoch könnte es durch konkurrierende Wasserentnahmen zumindest lokal und temporär zu einem Absinken des Grundwasserspiegels kommen, aus dem entsprechende Beeinträchtigungen für die ökologische Situation von Feuchtgebieten oder grundwassergespeisten Fließgewässern sowie eine Reduzierung der förderbaren Menge an Grundwasser resultieren kann.

Neben Grundwasserneubildung und -dargebot wird auch die Qualität des Grundwassers von klimatischen Randbedingungen beeinflusst. Die potenziellen Auswirkungen auf die **Grundwassergüte** lassen sich derzeit allerdings erst vage abschätzen (vgl. LAWA 2010):

- erhöhte Stoffverlagerung aus der Bodenzone in das Grundwasser (z. B. Nitratauswaschung) infolge der Zunahme von Winterniederschlägen und Starkregenereignissen,
- Veränderungen der chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse (z. B. Stofftransport und -umsatz) sowie Veränderungen der Artenzusammensetzung der Grundwasserfauna (Stygofauna) infolge steigender oberflächennaher Grundwassertemperaturen,
- Verschlechterung der Grundwasserqualität durch Konzentrierung von Schadstoffen infolge lang anhaltender Trockenperioden und absinkender Grundwasserstände,
- erhöhter Süß-/Salzwasseraustausch und Ausdehnung der Vermischungszone zwischen landbürtig zufließendem Grundwasser und fluss-/küstenbürtigem Uferfiltrat infol-

ge der durch den Anstieg der Tidewasserstände herbeigeführten Veränderung des Gradienten zwischen Fluss-/Küstengewässer und Grundwasser (s. a. KLIMU: Hoffmann et al. 2005)

4.3.2 Anpassungskapazität

Anpassungswissen

Der Handlungsbereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz beschäftigt sich aufgrund der Tatsache, dass der Wasserhaushalt in starkem Maße von klimatischen Parametern und Wettereinflüssen abhängig ist, seit jeher mit klima- bzw. wetterbeeinflussten Ereignissen oder Gefahren. Daher können insbesondere aus den Erfahrungswerten mit zurückliegenden Extremsituationen Schlussfolgerungen hinsichtlich der klimawandelbedingten Herausforderungen gezogen werden.

Die zukünftige Entwicklung des Wasserhaushalts unter Klimawandelbedingungen kann mit Hilfe von Wasserhaushalts- und Niederschlagsabflussmodellierungen prognostiziert werden. Allerdings lassen sich über die Modellierungsergebnisse oftmals nur bestimmte Trends (z. B. Zunahme der mittleren Hochwasserabflüsse im Winter) absichern. Die Projektion von Extremereignissen, wie z. B. extremen Hochwasserabflüssen, die die Vulnerabilität sehr viel stärker bestimmen, ist dagegen mit erheblichen Unsicherheiten verbunden (LAWA 2010).

Der Handlungsbereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz bildet aufgrund seiner hohen Bedeutung und vielfältigen Sensitivitätsaspekte gegenüber klimatischen Veränderungen ohne Frage einen der Schwerpunkte der Klimafolgen- und Klimaanpassungsforschung. Es gibt daher bereits eine Vielzahl an Forschungsprojekten zu diesem Handlungsbereich, die z. T. innerhalb der MPR HB-OL verortet sind (INNIG, Climate Proof Areas, Speichern statt Pumpen) oder zumindest eine gewisse Übertragbarkeit der Ergebnisse auf diese Region ermöglichen (z. B. GLOWA-Elbe I-III, NoRegret, AQUARIUS, KLIFWA). Eine Bündelung des derzeitigen Wissensstands hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft und den Hochwasserschutz sowie mögliche Anpassungsstrategien und -maßnahmen stellt zudem das Strategiepapier der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser mit dem Titel „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen“ (LAWA 2010) dar.

Anpassungsoptionen

Strategien und Technologien

Binnenhochwasserschutz: Einen auch für den Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels geeigneten Ansatz stellen die bereits im Jahr 2004 von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) veröffentlichten Leitlinien für einen zukunftsweisenden Binnenhochwasserschutz dar (LAWA 2004). Die Konzeption der LAWA geht davon aus, dass Schäden durch Hochwasser nur durch abgestimmtes Handeln verringert werden können, wobei ein effektives Zusammenwirken von staatlicher und privater Vorsorge erforderlich ist. Durch den Klimawandel wird es noch wichtiger, die bereits bekannten und zum Teil auch angewandten Prinzipien der Hochwasserschutzstrategie der LAWA („3-Säulen-Konzept“: s. Schuchardt et al. 2011, Kap. 6) umfassend und konsequent umzusetzen.

Angesichts der möglichen klimawandelbedingten Verschärfung von Binnenhochwasserereignissen stellt sich die Frage, ob die derzeitige Bemessung der Hochwasserschutzanlagen noch ausreichend ist. Ein Lösungsansatz für die Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels besteht in der Festlegung von Klimawandelzuschlägen für die Berechnung des Bemessungshochwassers und die dementsprechende Anpassung der Hochwasserschutzsysteme (vgl. Henggriff 2006; KLIWA 2009). Anders als z. B. in Baden-Württemberg oder Bayern gibt es einen solchen Klimawandelzuschlag auf das Bemessungshochwasser von Binnendeichen in Niedersachsen und Bremen bisher noch nicht. Die Niedersächsische Landesregierung hat allerdings eine Untersuchung in Auftrag gegeben, die klären soll, inwieweit die Auswirkungen des Klimawandels bei der Bemessung von Hochwasserschutzanlagen berücksichtigt werden müssen (Nds. MUK 2009).

Wassermanagement: Nach Maniak et al. (2005; KLIMU) können die Auswirkungen des Klimawandels auf die **Entwässerung** der Küstenniederungen der MPR HB-OL über technische Maßnahmen, wie die Verlängerung der Betriebszeiten und/oder Steigerung der Leistungsfähigkeit bestehender Pumpen und Schöpfwerke, bewältigt werden. Bormann et al. (2009; Climate Proof Areas) regen hingegen an, die Anpassungsbemühungen des Wassermanagements in den Küstenniederungen nicht nur auf die Steigerung der Pumpkapazitäten zu konzentrieren, sondern auch alternative Lösungen wie die Erweiterung der Zwischenspeicherungsmöglichkeiten von Niederschlagswasser in Erwägung zu ziehen (z. B. durch die Anlage von Poldern oder durch die (Wieder-)Vernässung besonders tief liegender Bereiche). Auf diese Weise könnte anfallendes Niederschlagswasser temporär zurückgehalten und zeitversetzt (über freien Sielzug und ohne zusätzlichen Einsatz von Pumpen) abgegeben werden. Die Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser kann zudem als mögliche Anpassungsmaßnahme an trockenere Sommer und die aus der Verlagerung der Brackwasserzone resultierenden negativen Auswirkungen auf die Zuwässerungsmöglichkeiten aus der Unterweser dienen. Auf diese Weise wäre es möglich, während winterlicher Nässeperioden anfallendes Niederschlagswasser für die Zuwässerung während sommerlicher Trockenzeiten zu nutzen. Eine weitere Anpassungsoption – wie sie z. B. im Landkreis Wesermarsch insbesondere von den Interessenvertretern der Landwirtschaft angeregt wird – wäre der Bau neuer **Zuwässerungssiele**, die weiter stromaufwärts in die Unterweser münden müssten als die heutigen, von einer Brackwasserzonenverlagerung betroffenen Siele. Vor dem Hintergrund einer Effizienzsteigerung aber auch in Anbetracht der klimawandelbedingten Herausforderungen wird von verschiedenen Seiten zudem eine Reorganisation der Wasser- und Bodenverbände angeregt. Nach Bahrenberg et al. (2000) wäre hierbei insbesondere an eine Vergrößerung der Verbandsgebiete durch Zusammenlegung zu denken, bei der auch die naturräumlichen Bedingungen, d. h. die topographischen und hydrologischen Verhältnisse, stärker zu berücksichtigen wären.

Siedlungswasserwirtschaft: Im Bereich der **Trinkwasserversorgung** kann der steigenden Gefährdung der Wiederverkeimung des Trinkwassers aufgrund einer zunehmenden Erwärmung in den Verteilnetzen sowohl durch betriebliche (z. B. Aufbereitung und Entkeimung des Trinkwassers, regelmäßige Spülung und Desinfektion von Leitungssträngen) als auch durch bauliche Maßnahmen (z. B. Verringerung der Erwärmung der leitungsumgebenden Böden) entgegengewirkt werden (MUNLV NRW 2010). Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Bereiche **Abwasserentsorgung** und **Regenwasserbewirtschaftung** stellen die Siedlungswasserwirtschaft vor die Herausforderung, die Auslegung und den Betrieb des Siedlungsentwässerungssystems auf mehr Flexibilität auszurichten. Anpassungsstrategien und -maßnahmen in der Siedlungsentwässerung müssen demnach sowohl verstärkt auf die Bewältigung von lang anhaltenden winterlichen Niederschlägen und kurzfristigen Starkregenereignissen mit hohen Niederschlagsabflüssen als auch auf den Umgang mit geringen Niederschlagsabflüssen infolge sommerlicher Trockenperioden abzielen. Dies erfordert die Umsetzung und Kombination von Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (ortsnahe Versickerung, Rückhaltung, Speicherung und Nutzung von Niederschlagswasser; SUBVE 2010b) sowie zur Anpassung der zentralen Siedlungsentwässerungssysteme (z. B. Vergrößerung der Abflussquerschnitte und Rückhaltevolumina zur Bewältigung steigender hydraulischer Spitzen- und Grundlasten (Pinnekamp et al. o. J.) oder häufigere Spülungen des Kanalnetzes zur Vermeidung von Ablagerungen infolge längerer sommerlicher Trockenperioden (MUNLV NRW 2010)). Kanalisations- und Entwässerungssysteme werden aus wirtschaftlichen Gründen nur auf eine begrenzte Überstausicherheit – die angesichts der klimawandelbedingten Veränderungen der Niederschlagscharakteristik zukünftig anzupassen ist – bemessen (Bemessungsregenspende). Darüber hinaus können jedoch zusätzliche Notfallstrategien entwickelt werden, die gewährleisten, dass Niederschlagswasser auch bei einer Überschreitung der Bemessungsregenspende schadlos abgeführt werden kann. Denkbare Lösungen bestehen hier z. B. in der Nutzbarmachung von Flächen zur temporären Speicherung und Ableitung von Niederschlagswasser sowie im Objektschutz gefährdeter Gebäude und Infrastrukturen (vgl. Sitzmann 2008; LAWA 2010; MUNLV NRW 2010).

Gewässerschutz und Sicherung von Wasserressourcen: Um den potenziellen Auswirkungen des Klimawandels in den Bereichen Gewässerschutz und Sicherung von Wasserressourcen zu begegnen, sind eine Vielzahl von Anpassungsstrategien und -maßnahmen denkbar. Als Vorsorgemaßnahmen gegen zunehmende sommerliche Niedrigwasserabflüsse und einen möglichen

Rückgang der Grundwasserneubildung bzw. für den Erhalt der Gewässergüte von Oberflächengewässern und Grundwasser eignen sich insbesondere folgenden Maßnahmen (vgl. Zebisch et al. 2005; Bundesregierung 2008; Kämpf et al. 2008; KLIWA 2009; Kropp et al. 2009a und 2009b; LAWA 2010):

- nachhaltige Bewirtschaftung von Oberflächengewässern und Grundwasser durch nachhaltige Landnutzung;
- Reduzierung des Wasserverbrauchs durch Effizienzsteigerungen in der Wassernutzung oder durch ökonomische Anreize und Restriktionen;
- Sicherung der Trinkwassergewinnung und -versorgung (z. B. durch Ausbau von Trinkwasserverbundsystemen, künstliche Grundwasseranreicherung, Erweiterung bestehender und Ausweisung neuer Wasserschutzgebiete, Anpassungen des verfahrenstechnischen Aufbaus der Trinkwasseraufbereitung);
- Verringerung diffuser und punktueller Stoffeinträge in Oberflächengewässer und Grundwasser (z. B. durch Gewässerrandstreifen, Düngeverordnungen, ökologische Anbauverfahren, Agrarumweltmaßnahmen);
- naturnaher Ausbau von Oberflächengewässern zur Aufrechterhaltung ihrer Selbstreinigungskräfte und ihres Leistungsvermögens als Ökosysteme;
- Stützung des Mindestabflusses in Fließgewässern (z. B. durch Speichermanagement, Wassertransfers, Maßnahmen zur (Wieder-)Herstellung einer guten Strukturgüte von Fließgewässern);
- Einsatz von Kühltürmen, um eingeleitete Wärmemengen aus Kraftwerken und Industriebetrieben zu reduzieren;
- Verbesserung des quantitativen und qualitativen Monitorings durch Ausweitung bestehender Gewässer- und Grundwasser-Messnetze.

Instrumente

Wasserrechtliches Instrumentarium: Die Belange der Wasserwirtschaft und des Hochwasserschutzes werden durch das im März 2010 novellierte Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG) geregelt, das in der MPR HB-OL durch das Niedersächsische Wassergesetz (NWG) und das Bremische Wassergesetz (BremWG) ergänzt wird. Die im WHG formulierten allgemeinen Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung fordern, dass die Gewässer nachhaltig zu bewirtschaften sind, wobei u. a. auch den „möglichen Folgen des Klimawandels vorzubeugen“ ist (§ 6 Abs. 1 Nr. 5 WHG).

Für die wasserrechtlichen Regelungen im Bereich des Hochwasserschutzes ist die mit der Novellierung des WHG im März 2010 in Kraft getretene EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EG-HWRMRL) von zentraler Bedeutung. Die EG-HWRMRL sieht ein dreistufiges Verfahren vor, bei dem zunächst bis Ende 2011 für jedes Flusseinzugsgebiet eine vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos und eine Prognose der geschätzten Folgen künftiger Hochwasserereignisse vorzunehmen ist, auf deren Grundlage sog. Risikogebiete bestimmt werden sollen. In einem zweiten Schritt sollen bis Ende 2013 für als Risikogebiete identifizierte Bereiche Gefahren- und Risikokarten erstellt werden, in denen für Hochwasserereignisse unterschiedlicher Jährlichkeiten jeweils Angaben zum potenziellen Ausmaß einer Überflutung (Ausdehnung, Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, Wasserabfluss) bzw. zu den potenziellen hochwasserbedingten nachteiligen Auswirkungen (Schadenspotenziale) zu machen sind. In einem dritten Schritt sollen dann bis 2015 auf der Grundlage der Gefahren- und Risikokarten Risikomanagementpläne aufgestellt werden, die sowohl Aspekte der Vermeidung, des Schutzes und der Vorsorge, einschließlich Hochwasservorhersagen und Frühwarnsystemen, umfassen sollen. Zudem sollen die Pläne Kosten- und Nutzenverteilungen sowie die Belange von Bodennutzung und Wasserwirtschaft, Raumordnung, Flächennutzung, Naturschutz, Schifffahrt und Hafeninfrastuktur berücksichtigen. Die EG-HWRMRL sieht alle sechs Jahre eine Überprüfung und ggf. Aktualisierung der Bewertung des Hochwasserrisikos sowie der Gefahren- bzw. Risikokarten und Risikomanagementpläne vor (Monitoring), bei der den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Hochwasserrisiko Rechnung zu tragen ist. Neben den Vorgaben der EG-HWRMRL sieht das WHG weite-

re, den Binnenhochwasserschutz betreffende Regelungen vor, z. B. die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten, in denen bestimmte Nutzungen ausgeschlossen bzw. nur unter strengen Bedingungen zulässig sind (z. B. Baugebiete und bauliche Anlagen) sowie die Erhaltung und Wiederherstellung von Rückhalteflächen. Einen wichtigen Aspekt stellt auch die Forderung nach einer ortsnahen Versickerung bzw. Verrieselung von Niederschlagswasser dar.

Die maßgeblichen wasserwirtschaftlichen Regelungen für den Gewässerschutz und die Sicherung von Wasserressourcen resultieren aus der im Jahr 2000 in Kraft getretenen und anschließend in das deutsche Wasserrecht überführten EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL), mit der das Ziel einer nachhaltigen Wasserpolitik verfolgt wird, die dem Schutz und der Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete sowie dem langfristigen Schutz vorhandener Wasserressourcen dienen soll. Die EU-Mitgliedsstaaten werden verpflichtet, bis spätestens zum Jahr 2015 einen „guten ökologischen Zustand“ bzw. ein „gutes ökologisches Potenzial“ sowie einen „guten chemischen Zustand“ für alle Oberflächengewässer und einen „guten mengenmäßigen und chemischen Zustand“ für das Grundwasser zu erreichen. Als Instrumente zur Erreichung der o. g. Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer und das Grundwasser sind Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne aufzustellen, die erstmals bis 2009 zu erstellen waren und alle sechs Jahre zu überprüfen und, soweit erforderlich, zu aktualisieren sind (Monitoring). Auffällig ist, dass der Klimawandel – trotz der großen Bedeutung klimatischer Randbedingungen für den Zustand von Gewässern – in der EG-WRRL keine Erwähnung findet. Bereits 2005 haben die Wasserdirektoren der EU diese Problematik jedoch erkannt und in einem gemeinsamen Dokument zur Umsetzung der EG-WRRL darauf hingewiesen, dass die Begrenzung der Auswirkungen des Klimawandels für die Erreichung der Umweltziele der EG-WRRL von Nutzen ist (EU-Wasserdirektoren 2005). Die bis Ende 2009 fertig gestellten Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne der Flussgebietsgemeinschaft Weser, die einen Großteil der MPR HB-OL abdeckt, enthalten daher auch entsprechende Kapitel und Anmerkungen zu den Auswirkungen des Klimawandels (vgl. NLWKN 2009a; NLWKN 2009b). Im niedersächsischen Beitrag zum Maßnahmenprogramm für die Flussgebietsgemeinschaft Weser wurden zudem alle Maßnahmen einem „Klima-Check“ unterzogen, um „die Beeinflussbarkeit der Wirkung von Maßnahmen durch Klimaveränderungen und die Wirkung der Maßnahmen zur Anpassung des Wasserhaushalts an die Wirkungen des Klimawandels“ zu beurteilen (NLWKN 2009a). Neben den aus der EG-WRRL resultierenden Vorgaben weist das WHG weitere, den Gewässerschutz und die Sicherung von Wasserressourcen betreffende Regelungen auf, die ebenfalls einen Beitrag zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels leisten können, z. B. Regelungen zur Mindestwasserführung von oberirdischen Gewässern, zur Erhaltung von Gewässerrandstreifen, zum naturverträglichen Gewässerausbau oder zur Festsetzung von Wasserschutzgebieten.

Raumordnungs- und bauplanungsrechtliches Instrumentarium: Neben den wasserrechtlichen Regelungen halten auch das Raumordnungs- und Bauplanungsrecht eine Reihe von Instrumenten bereit, mit denen Belange der Wasserwirtschaft und des Hochwasserschutzes unterstützt werden können. So können beispielsweise Flächen für die Errichtung von Hochwasserschutzanlagen freigehalten, Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Hochwasserschutz und Trinkwassergewinnung ausgewiesen, Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten umgesetzt oder durch Förderung entsprechender Flächennutzungen Beiträge zur Verbesserung des Wasserhaushaltes der Böden und damit zur Grundwasserneubildung geleistet werden (s. Kap. 4.11).

Gewässerkundlicher Dienst, Gewässerüberwachungssystem und Hochwasser-Vorhersagezentrale: Nach NWG bzw. BremWG sind gewässerkundliche Dienste (in Niedersachsen: GLD - Gewässerkundlicher Landesdienst) zu unterhalten, deren Aufgaben u. a. darin bestehen, quantitative und qualitative Daten des Grundwassers und der Oberflächengewässer zu ermitteln, auszuwerten und zu veröffentlichen sowie regelmäßig ein hydrologisches Gesamtbild vom jeweiligen Zustand der Gewässer und ihrer ökologischen Veränderungen in Berichtsform darzustellen. Die Grundlage für die Wahrnehmung dieser Aufgaben bilden die Messprogramme des Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN). Insgesamt existieren für die Überwachung des quantitativen und qualitativen Zustands von Oberflächengewässern und Grundwasser vier verschiedene Messnetze (Pegelmessnetz, Gütemessnetz Oberflächengewässer, Grundwas-

serstandsmessnetz, Grundwassergütemessnetz) (Website NLWKN). Die Messnetze des Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN) stellen damit auch eine gute Grundlage für ein Klimawandel-Monitoring dar, mit dem mögliche schleichende (langfristige) Auswirkungen des Klimawandels auf Oberflächengewässer und Grundwasser erkannt und beobachtet werden können. In Niedersachsen und Bremen wird durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Natur- und Küstenschutz (NLWKN) zudem eine Hochwasser-Vorhersagezentrale (HWVZ) betrieben, die ab einem bestimmten Wasserstand entsprechende Warnungen an die für die Gefahrenabwehr, die Wasserwirtschaft und die Schifffahrt zuständigen Behörden sowie an Hilfsorganisationen wie z. B. das Technische Hilfswerk absetzt (SBU 2003; NLWKN 2005).

Ökonomische Instrumente: Im Folgenden werden einige Beispiele für ökonomische Instrumente im Bereich der Wasserwirtschaft und des Hochwasserschutzes aufgeführt, die vor dem Hintergrund der klimawandelbedingten Herausforderungen an Bedeutung gewinnen und Möglichkeiten zur Anpassung bieten:

- strategische Ausrichtung von Förderprogrammen und Finanzierungsmodellen im Bereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz auf die Herausforderungen des Klimawandels,
- Schaffung finanzieller Anreize zur Unterstützung von Entwicklungen, die die Anpassungskapazität an die Auswirkungen des Klimawandels erhöhen (z. B. Förderung von Dachbegrünungen und Regenwassernutzung, Einführung einer getrennten Abwassergebühr für Schmutz- und Niederschlagswasser, Agrar-Umweltmaßnahmen),
- Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen in Hochwasserschutz und Wassermanagement zur Förderung eines effektiven Mitteleinsatzes (IFOK 2005),
- Lastenausgleich im Binnenhochwasserschutz, d. h. verstärkter Ausgleich von Risiken und Chancen bzw. Kosten und Nutzen zwischen Flussober- und Flussunterliegern sowie zwischen privaten Flächennutzern und öffentlicher Hand (UBA 2006; WWF 2007),
- Schaffung eines geeigneten ökonomischen Instrumentariums zum Ausgleich von aus Klimaanpassungsmaßnahmen resultierenden Eingriffen in private Eigentums- und Nutzungsrechte (WWF 2007),
- Förderung des Versicherungsschutzes gegen Überschwemmungsrisiken (UBA 2006).

Institutionen/Akteure/Entscheidungsstrukturen

Die Aufgaben im Handlungsbereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz werden von der wasserwirtschaftlichen Fachplanung bzw. -verwaltung wahrgenommen. Während in Bremen der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (SUBVE) die oberste Wasserbehörde darstellt, bildet in Niedersachsen das Niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz die oberste Landesbehörde für die Wasserwirtschaft. Als wichtige angegliederte Fachbehörde fungiert der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN). Die unteren Wasserbehörden befinden sich auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte. Von hoher Bedeutung sind darüber hinaus die Wasser-, Boden- und Deichverbände sowie die kommunalen, privatwirtschaftlichen oder zweckverbandlich organisierten Wasserver- und Entsorgungsbetriebe.

Die Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels sowie die Entwicklung und erfolgreiche Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen kann jedoch nicht allein durch die wasserwirtschaftliche Fachplanung bzw. -verwaltung erfolgen, sondern ist aufgrund der Prognoseunsicherheiten und komplexen Wechselwirkungen des Klimawandels sowie der vielfältigen gegenseitigen Abhängigkeiten nur durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Sektoren wie z. B. Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Regional- und Bauleitplanung möglich (IFOK 2005). Darüber hinaus stellt die Einbindung von Wassernutzern und -verbrauchern (z. B. Industrie und Gewerbe, Energiewirtschaft, Landwirtschaft, Privatverbraucher) einen weiteren wichtigen Aspekt dar (Garrelts et al. 2011). Auch die LAWA (2010) empfiehlt einen interdisziplinären Austausch, um mögliche Synergieeffekte auszuschöpfen und zu abgestimmten Vorgehensweisen zu kommen.

Sowohl die Integration relevanter Akteure als auch die Öffentlichkeitsbeteiligung wird explizit auch von der ins WHG überführten EG-WRRL bzw. EG-HWRMRL gefordert. Während mit der erst im März 2010 im Zuge der Neufassung des WHG in deutsches Recht überführten EG-HWRMRL noch keine Erfahrungen vorliegen, kann hinsichtlich der EG-WRRL konstatiert werden, dass deren Vorgaben in den vergangenen Jahren entscheidend zu einer stärkeren Kooperation zwischen den Akteuren beigetragen haben (Garrelts et al. 2011). So hat insbesondere der flussgebietsbezogene, Verwaltungsgrenzen übergreifende Ansatz den Druck zur Zusammenarbeit erhöht, was sich u. a. in der Einrichtung der Gebietskooperationen und Gebietsforen äußert, über die die relevanten Akteure und die Öffentlichkeit in den Umsetzungsprozess der EG-WRRL eingebunden sind. Die EG-WRRL kann laut Garrelts et al. (2011) daher als eine Art „Treiber“ für eine neue Denkweise in den Wasserwirtschaftsverwaltungen angesehen werden, die sich allerdings an vielen Stellen noch durchsetzen muss.

Anpassungsbereitschaft

Wie die Untersuchungen des AB Governance (Garrelts et al. 2011) im Rahmen von ‚nordwest2050‘ ergeben haben, nimmt das Thema Klimawandelanpassung im Handlungsbereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz in der MPR HB-OL bisher einen mittleren Stellenwert ein: In einigen Fällen spielt es eine sehr wichtige Rolle; in anderen dominieren bisher andere Themen. Die Umsetzbarkeit von Anpassungsmaßnahmen wird von den befragten Experten dagegen vielfach als schwierig eingeschätzt, wobei allerdings Unterschiede in den verschiedenen Teilbereichen der Wasserwirtschaft deutlich wurden. Während Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes oder hochwasserangepasste Bauweisen von den meisten Experten als gut umsetzbar eingeschätzt werden, wird z. B. die Umsetzbarkeit von Maßnahmen zur Schaffung von Retentionsräumen, zur nachhaltigen Landnutzung oder zur Verbesserung der Wasserqualität als eher schlecht angesehen. Bei diesen Maßnahmen vermuten die Experten Widerstände von Seiten der Flächennutzer (insbesondere Landwirtschaft) und einen mangelnden politischen Willen für deren Umsetzung. Als häufigster Hinderungsgrund für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen wurden fehlende finanzielle Mittel genannt. Zudem wurden von den befragten Experten Engpässe hinsichtlich der Personalkapazitäten thematisiert, die u. a. aus zahlreichen neuen und zusätzlichen Erfordernissen bei der Umsetzung der EG-Richtlinien (EG-WRRL, EG-HWRMRL) resultieren (Garrelts et al. 2011). Auch die von Zebisch et al. (2005) durchgeführte Studie zeigte ein ähnliches Bild: So schätzten die befragten Experten die Umsetzung der meisten Klimaanpassungsmaßnahmen im Handlungsbereich Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz als aufwändig, teilweise sogar als sehr aufwändig ein und identifizierten ebenfalls fehlende finanzielle Mittel als Haupthindernis bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen.

4.3.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Handlungsbereich „Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz“ in der MPR HB-OL werden differenziert betrachtet und können folgendermaßen bewertet werden:

- Die durch die saisonale Verschiebung der Niederschlagsverteilung und die Zunahme von Starkregenereignissen hervorgerufenen potenziellen Auswirkungen (z. B. erhöhte Versagenswahrscheinlichkeit von Hochwasserschutzanlagen infolge extremerer Hochwasserabflüsse, saisonaler bzw. temporärer Anstieg zu entwässernder Wassermengen in den Küstenniederungen, häufigere Überlastung von Kanalisations- und Siedlungsentwässerungssystemen, erhöhter Nähr- und Schadstoffeintrag in Gewässer und Grundwasser) sind aufgrund der resultierenden Schadensrisiken und Anpassungserfordernisse als *mittel bis hoch* einzustufen.
- Die mit der Verschlechterung der sommerlichen klimatischen Wasserbilanz einhergehenden potenziellen Auswirkungen (z. B. Absinken von Grundwasserspiegeln und Reduzierung des für die Wasserversorgung nutzbaren Grundwasserdargebots, erhöhter Bewässerungsbedarf, Zunahme von extremen Niedrigwasserabflüssen) sind als *gering bis mittel* einzuschätzen. Etwaige temporäre Grundwasserzehrungen können voraus-

sichtlich durch die – auch unter Klimawandelbedingungen weiterhin bestehende – positive Jahresgesamtbilanz der Grundwasserneubildung ausgeglichen werden.

- Die aus dem Anstieg des mittleren Meeresspiegels und der Tidewasserstände sowie der damit verbundenen Verlagerung der Brackwasserzone der Unterweser resultierenden potenziellen Auswirkungen (z. B. Reduzierung der Entwässerungsmöglichkeiten durch freien Sielzug und Erhöhung der zu pumpenden Wassermengen, Einschränkung der Zuwässerungsmöglichkeiten aus der Unterweser aufgrund erhöhter Salzgehalte, verstärkter Salzwassereintrag in die Marschengewässer (v. a. Siele und Gräben) und das Grundwasser im küstennahen Bereich) sind je nachdem, welcher Spannweitenbereich des Anstiegs der Wasserstände zugrunde gelegt wird, als *gering bis hoch* zu bewerten.
- Die durch den Anstieg der Wassertemperaturen hervorgerufenen potenziellen Auswirkungen (z. B. Verschlechterung der Gewässergüte, Einschränkungen im Kühlwasserdargebot) sind als *mittel* einzustufen.

Insgesamt können die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Handlungsbereich „Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz“ damit als **mittel** eingeschätzt werden.

Bewertung der Anpassungskapazität

Anpassungswissen: Der Umgang mit Klimavariabilität und Extremwetterereignissen stellt für den Handlungsbereich „Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz“ aufgrund der Abhängigkeit des Wasserhaushaltes von klimatischen Parametern keine vollkommen neue Herausforderung dar. Vielmehr kann auf ein breites Erfahrungswissen zurückgegriffen werden, das in der jüngeren Vergangenheit zudem durch eine Vielzahl an Forschungsprojekten zu den Auswirkungen und Anpassungserfordernissen des Klimawandels ergänzt wurde bzw. wird. Ein Problem im Bereich des Anpassungswissens ist in den bisherigen Möglichkeiten der Wasserhaushalts- und Niederschlagsabflussmodellierungen zu sehen, die lediglich bestimmte Trends abgesichert darstellen können, hinsichtlich des Ausmaßes und der Eintrittswahrscheinlichkeit von Extremereignissen allerdings relativ unsichere Hinweise liefern (analog zu den Grenzen von Klimaszenarien bezüglich der Aussagen über Extremereignisse). Insgesamt kann das Anpassungswissen als *mittel bis hoch* eingeschätzt werden.

Anpassungsoptionen: In den betrachteten wasserwirtschaftlichen Teilbereichen Binnenhochwasserschutz, Wassermanagement in den Küstenniederungen, Siedlungswasserwirtschaft sowie Gewässerschutz und Sicherung von Wasserressourcen gibt es eine umfangreiche Palette von (z. T. bereits in Umsetzung befindlichen) Strategien, Maßnahmen und Technologien, die zur Anpassung an die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels geeignet sind. Auch das bestehende wasserrechtliche Instrumentarium bietet eine Reihe von Ansatzpunkten, mit Hilfe derer Ziele der Klimaanpassung unterstützt werden können. Neben der in den allgemeinen Grundsätzen der Gewässerbewirtschaftung enthaltenen Forderung, „den möglichen Folgen des Klimawandels vorzubeugen“ (§ 6 Abs. 1 Nr. 5 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)), spielen insbesondere die in das WHG eingeflossenen Regelungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz (z. B. Festsetzung von Überschwemmungsgebieten, Erhaltung und Wiederherstellung von Rückhalteflächen) sowie die Vorgaben der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (z. B. Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten) und der EG-Wasserrahmenrichtlinie (z. B. Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme), die u. a. auch die Einbindung der Öffentlichkeit in wasserwirtschaftliche Planungen vorsehen, eine bedeutende Rolle. Durch die Messnetze des Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen und durch die Hochwasser-Vorhersagezentrale des NLWKN besteht zudem die Möglichkeit, sowohl langfristige (klimawandelbedingte) Veränderungen des Gewässer- und Grundwasserzustands als auch Extremereignisse (z. B. Hochwasser) rechtzeitig zu erkennen und zu beobachten. Unter der Voraussetzung, dass für Anpassungsmaßnahmen ausreichend finanzielle Mittel bereitgestellt werden, kann der Faktorenkomplex der Anpassungsoptionen insgesamt als *hoch* bewertet werden.

Anpassungsbereitschaft: Die Bereitschaft zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist bei solchen Maßnahmen, die auf technische Aspekte abzielen und ohne bzw. mit geringen Eingriffen

in bestehende Nutzungen einhergehen (z. B. Verstärkung des technischen Hochwasserschutzes, Neudimensionierung von Kanalisationssystemen, Erhöhung der Pumpkapazitäten im Wassermanagement der Küstenniederungen), insgesamt als hoch anzusehen. Die Realisierung langfristiger, mit z. T. erheblichen Eingriffen verbundener Maßnahmen, wie z. B. die Schaffung neuer Retentionsräume, der naturnahe Gewässerausbau oder ein nachhaltiges, an die Veränderungen des Wasserhaushalts angepasstes Landnutzungsmanagement, stößt dagegen oftmals auf mangelnde gesellschaftliche Akzeptanz und fehlenden politischen Willen. Ein weiterer die Anpassungsbereitschaft begrenzender Aspekt besteht zudem im z. T. hohen finanziellen Aufwand, mit dem bestimmte Anpassungsmaßnahmen verbunden sind. Die Anpassungsbereitschaft kann daher als *mittel* eingestuft werden.

Insgesamt ergeben die Bewertungen des Anpassungswissens (*mittel bis hoch*), der Anpassungsoptionen (*hoch*) und der Anpassungsbereitschaft (*mittel*) eine als **mittel bis hoch** einzustufende gesellschaftliche Anpassungskapazität des Handlungsbereichs „Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz“.

Bewertung der Vulnerabilität

Aus der Kombination der als *mittel* eingeschätzten potenziellen Auswirkungen des Klimawandels mit der als *mittel bis hoch* bewerteten Anpassungskapazität ergibt sich eine **geringe bis mittlere** Vulnerabilität des Handlungsbereichs „Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz“ in der MPR HB-OL.

4.4 Küstenschutz

Stefan Wittig, Jan Spiekermann, Frank Bachmann

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Bereich Küstenschutz findet sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.4.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

Der Küstenschutz ist in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) von existenzieller Bedeutung für die Sicherung des küstennahen Siedlungs-, Wirtschafts- und Kulturraums und damit für das Leben und Wirtschaften in dieser Region. Neben der Sicherung der Küstenlinie von Nordsee und Jadebusen spielt der Küstenschutz auch entlang des Weserästuars bis weit ins Binnenland eine wichtige Rolle. Die große Bedeutung des Küstenschutzes in der MPR HB-OL wird vor allem bei der Betrachtung der topografischen Verhältnisse deutlich. So liegen die Geländehöhen der niedersächsischen Marschengebiete überwiegend zwischen 1,4 m über und 0,5 m unter Normal Null (NN), abgesehen von einigen bis zu NN +2,5 m aufsedimentierten, ufernahen Küsten- und Flussmarschen. Auch Bremen und Bremerhaven liegen, mit Ausnahme des ca. NN +20 m hohen Geestrückens in Bremen-Nord, auf niedrigem Marschengelände (NLWKN 2007).

Der Schutz des Binnenlandes vor Überflutungen wird in der MPR HB-OL durch ein System verschiedener technischer und natürlicher Küstenschutzelemente gewährleistet. Zu den technischen Küstenschutzelementen zählen neben der Hauptdeichlinie z. B. die Sommerdeiche und noch bestehende 2. Deichlinien sowie die Sturmflutsperrwerke an den tidebeeinflussten Nebenflüssen der Unterweser (Geeste, Hunte, Lesum, Ochtum) bzw. in der Oste. Zu den natürlichen Küstenschutzelementen gehören die der Küste bzw. Hauptdeichlinie vorgelagerten Wattflächen, Inseln, Dünen, Platen und Deichvorländer. Die natürlichen Schutzelemente haben eine wichtige Bedeutung für das Küstenschutzsystem, da sie maßgeblich zur Verringerung der auf die technischen Schutzelemente einwirkenden Wellenenergie und Seegangbelastung beitragen (Regulationsfunktion der Watt- und Vorlandökosysteme) (vgl. NLWKN 2007; Wittig et al. 2007a).

Die Küstengebiete der MPR HB-OL weisen eine hohe Sensitivität gegenüber Sturmflutereignissen auf, da diese im Extremfall zu einem Versagen des Küstenschutzsystems und daraus resultierenden Sturmflutschäden in den deichgeschützten Bereichen sowie zu Verlusten an Menschenleben führen können. Zwar stellt der deterministisch ermittelte Bemessungswasserstand für Küstenschutzbauwerke ein festgelegtes Sicherheitsmaß dar, das höher liegt als bisher eingetretene Sturmflutwasserstände. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass schon heute Sturmflutereignisse oberhalb dieses Bemessungswasserstandes eintreten können. Es gibt daher keinen absoluten Schutz gegen extreme Sturmflutereignisse (NLWKN 2007), sondern es verbleibt immer ein gewisses Restrisiko hinsichtlich des Versagens von Küstenschutzelementen (Deiche, Sperrwerke, Schleusen etc.) durch z. B. Wellenüberlauf, Überströmen oder Deichbruch.

Gleichzeitig weisen die Küstengebiete der MPR HB-OL aufgrund der dort bestehenden Siedlungen, Gewerbe- und Industriebetriebe, Infrastrukturen und (land)wirtschaftlichen bzw. touristischen Nutzungen hohe Werte und damit ein hohes Schadenspotenzial auf, das in direkte Schäden (Vermögens- und Anlageschäden sowie ökologische Schäden) und indirekte Schäden (z. B. Produktionsausfall, Wertschöpfungs- und Einkommensverluste) unterschieden werden kann (Mai et al. 2007). Während direkte Schäden nur in von Überflutungsereignissen betroffenen Bereichen entstehen, sind indirekte Schäden nicht allein auf diese Gebiete begrenzt, sondern können aufgrund der volkswirtschaftlichen Verflechtungen mit anderen Regionen auch weit darüber hinaus reichen. Ein Überflutungsereignis hat demnach nicht nur auf die Wirtschaftstätigkeit und Beschäftigungssituation der unmittelbar von der Sturmflut betroffenen Gebiete negative Effekte, sondern kann sich sowohl in räumlicher als auch in zeitlicher Hinsicht über das betroffene Gebiet bzw. das eigentliche Ereignis hinaus auswirken (Elsner et al. 2005).

Potenzielle Auswirkungen auf das Küstenschutzsystem

Wie die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien verdeutlichen, führen der mittlere Meeresspiegelanstieg, der zusätzliche Anstieg des mittleren Tidehochwassers und die Zunahme des Windstaus zu einem Anstieg der Sturmflutwasserstände mit insgesamt sehr großen Spannweiten (s. Schuchardt et al. 2010b). Zudem ist mit einer erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit von Sturmfluten zu rechnen, da die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sowohl eine Zunahme der Sturmtage als auch der für ein Sturmflutereignis relevanten westlichen bis nördlichen Windrichtungen voraussagen.

Aufgrund der klimawandelbedingt ansteigenden Hochwasser- und Sturmflutwasserstände sowie der erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit von Sturmfluten werden sowohl die Höhe als auch die Häufigkeit der den Deich erreichenden Wasserstände zunehmen (Wittig et al. 2007b). Zudem ist mit länger anhaltenden Sturmfluten zu rechnen, da ein hoher Windstau nicht wie bisher im Mittel sieben bis acht Stunden am Deich stehen würde, sondern möglicherweise zwei bis drei Stunden länger (Woth & von Storch 2008). Beides führt zu einer Zunahme der Belastung von Küstenschutzbauwerken. Darüber hinaus könnten klimawandelbedingte Veränderungen der morphodynamischen Prozesse im Küstenvorfeld eine Verringerung der seegangs- und strömungsdämpfenden Eigenschaften der natürlichen Schutzelemente (Wattflächen, Platen, Deichvorländer) und damit Einschränkungen der Regulationsfunktion für den Küstenschutz bewirken (Wittig et al. 2007a).

Potenzielle Auswirkungen auf die küstenmorphologischen Randbedingungen des Küstenschutzes

Aufgrund der natürlichen Dynamik des Wattenmeeres kommt es durch Erosions- und Sedimentationsprozesse zu einer ständigen Verlagerung von Sedimenten, wodurch sich die Watten- und Küstenmorphologie – und damit auch die natürlichen Küstenschutzelemente – kontinuierlich verändern. Da das Gesamtsystem Wattenmeer hinsichtlich der Sedimentverteilung insgesamt ein natürliches Gleichgewicht anstrebt, werden Veränderungen in einem Teil des Systems durch Sedimentverlagerungen in oder von anderen Teilen des Systems kompensiert (Sedimenttransportsystem des Wattenmeeres) – zumindest solange es sich dabei um temporäre und moderate Veränderungen handelt (CPSL 2001). Auf den bisherigen säkularen Meeresspiegelanstieg reagieren die Wattgebiete z. B. dadurch, dass sie Sedimente akkumulieren, welche im Wesentlichen

durch die Seegatten von außen in das Wattenmeer hinein transportiert werden (NLWKN 2010). Ob und inwieweit ein solches Mit- bzw. Aufwachsen auch unter den Bedingungen des sich beschleunigenden, anthropogen verursachten Meeresspiegelanstiegs noch möglich ist, kann von der Wissenschaft bisher erst annähernd abgeschätzt werden (Kap. 4.6).

Zur Klärung der Frage, ab welchem Meeresspiegelanstieg mit erheblichen Veränderungen des heutigen morphologischen Zustands des Wattenmeeres zu rechnen ist, wurde im Rahmen der „Coastal Protection and Sea Level Rise (CPSL)“-Gruppe des „Common Wadden Sea Secretariat“ (CWSS) der so genannte „Breakpoint“ des Systems betrachtet: Demnach ist das System bei einem moderaten Meeresspiegelanstieg von 25 cm in 50 Jahren (5 mm/Jahr) in der Lage, sich durch eine erhöhte Sedimentumlagerung anzupassen. Bei einem sehr starken Meeresspiegelanstieg von 50 cm in 50 Jahren (10 mm/Jahr) ist dagegen mit erheblichen morphologischen Veränderungsprozessen zu rechnen, die insbesondere zu einer Verkleinerung des Eulitorals und zur Entstehung von Lagunen führen können (CPSL 2001). Oberhalb bestimmter kritischer Grenzen kommt es aufgrund der steigenden Sedimentnachfrage bei gleichzeitigem Mangel an verfügbaren Sedimentmengen zudem zu einer deutlichen Verstärkung von Küstenerosionsprozessen (Essink et al. 2005).

Ein Vergleich der obigen Angaben mit den in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien festgelegten Spannweiten des Meeresspiegelanstiegs (2050-Szenario: 9 bis 70 cm; 2085-Szenario: 18 bis 140 cm; was umgerechnet ca. 1,8 bis 14 mm/Jahr entspricht) zeigt, dass zwar der untere Spannweitenbereich des jährlichen Meeresspiegelanstiegs unterhalb der kritischen Grenzen des Gleichgewichtszustands („Breakpoint“) liegt, der obere Spannweitenbereich diese Grenzen jedoch deutlich überschreitet. Je nachdem wie stark der Meeresspiegelanstieg ausfällt, kann es also durchaus zu erheblichen Veränderungen der Küstenmorphologie kommen, die sich insbesondere in einem starken Rückgang der Watt- und Deichvorlandflächen ausdrücken könnte. Als Konsequenz daraus würden größere Wassertiefen zu einer Zunahme der die Küste erreichenden energiereichen Wellen führen, woraus Einschränkungen der Regulationsfunktion natürlicher Küstenschutzelemente und entsprechend stärkere Belastungen der Küstenschutzbauwerke resultieren würden.

Potenzielle Auswirkungen auf die Versagenswahrscheinlichkeit des Küstenschutzsystems und das Sturmflutschadensrisiko deichgeschützter Bereiche

In den interdisziplinären Verbundvorhaben KRIM und INNIG wurden in der jüngeren Vergangenheit für verschiedene Gebiete der MPR HB-OL Untersuchungen hinsichtlich der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Versagenswahrscheinlichkeit des Küstenschutzsystems und das Sturmflutschadensrisiko in deichgeschützten Bereichen durchgeführt. Dabei wurde mit Hilfe einer so genannten erweiterten probabilistischen Risikoanalyse sowohl die Sicherheit des Küstenschutzsystems unter Status quo-Bedingungen als auch unter den Randbedingungen des zugrunde gelegten KLIMU-Klimaszenarios betrachtet (s. Schuchardt et al. 2010b). Darüber hinaus wurde eine Quantifizierung der bei einem Versagen des Küstenschutzsystems auftretenden Folgeschäden im Deichhinterland vorgenommen. Durch die Multiplikation von Versagenswahrscheinlichkeit und potenziellen Folgeschäden konnte das Sturmflutschadensrisiko der untersuchten Küstenbereiche ermittelt werden (vgl. Mai et al. 2007).

Die Ergebnisse der Modellierungen zeigen, dass es unter den Randbedingungen des KLIMU-Klimaszenarios zu erhöhten Belastungen der Schutzsysteme kommt, was zur Folge hat, dass sich die Versagenswahrscheinlichkeiten der Küstenschutzelemente – ohne entsprechende Anpassungsmaßnahmen – erhöhen werden. Hinsichtlich der potenziellen Folgeschäden im Deichhinterland lässt sich folgendes Bild skizzieren: Aufgrund der zu erwartenden höheren Sturmflutwasserstände erhöhen sich die bei einem Versagen des Küstenschutzsystems einströmenden Wassermassen, woraus sowohl eine Vergrößerung des von der Überflutung betroffenen Gebietes als auch der Überflutungstiefen resultiert. Aus der Multiplikation der reduzierten Versagenssicherheiten des Küstenschutzsystems mit den gestiegenen potenziellen Folgeschäden im Deichhinterland ergibt sich für die zugrunde gelegten Klimawandelbedingungen ein deutlich erhöhtes Sturmflutschadensrisiko in den Küstenbereichen (vgl. Wittig et al. 2007b; Brencher et al. 2007).

4.4.2 Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit

Die Regulationsfunktion der natürlichen Küstenschutzelemente ist in starkem Maße abhängig vom Mitwachs- bzw. Aufwuchsvermögen des Wattenmeeres und seiner Bestandteile (Inseln, Dünen, Platen, Deichvorländer) mit dem Anstieg des Meeresspiegels. Insbesondere bei einem Meeresspiegelanstieg, der im oberen Spannweitenbereich der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien läge, wäre die natürliche Anpassungsfähigkeit aufgrund einer unzureichenden Sedimentverfügbarkeit stark eingeschränkt bzw. nicht mehr gegeben. Die natürliche Anpassungsfähigkeit (Fähigkeit des Mitwachses) könnte jedoch möglicherweise durch umfangreiche Sedimentaufspülungen von außerhalb des Sedimenttransportsystems des Wattenmeeres (d. h. aus Bereichen der Nordsee mit Wassertiefen von über 10-15 m) unterstützt werden (CPSL 2005; CPSL 2010). Zur Erhaltung der Anpassungsfähigkeit der natürlichen Küstenschutzelemente kommt zudem den bereits praktizierten Maßnahmen der Strand-, Dünen- und Deichvorlandsicherung eine noch größere Bedeutung zu, die aber auch nur bis zu einem gewissen Grad der Klimaänderung funktionieren.

Die Höhe der natürlichen Anpassungsfähigkeit wird nicht nur durch die Folgewirkungen des Klimawandels beeinflusst, sondern hängt in noch viel stärkerem Maße von der anthropogenen Überprägung der Küstenlandschaft ab. Aufgrund der seit Jahrhunderten betriebenen Küstenschutzmaßnahmen hat sich eine starre Küstenlinie herausgebildet, die eine dynamische Entwicklung des Übergangsräume zwischen Meer und Land infolge des Meeresspiegelanstiegs, d. h. eine landseitige Verschiebung der Küstenlinie, nicht (mehr) zulässt. Eine Möglichkeit zur langfristigen Erhaltung bzw. Wiederherstellung der natürlichen Anpassungsfähigkeit des Wattenmeeres und seiner Bestandteile – und damit zur Aufrechterhaltung der Regulationsfunktion der natürlichen Küstenschutzelemente – bestünde daher grundsätzlich auch darin, dynamische Prozesse der Küstenentwicklung – so weit möglich – (wieder) zuzulassen. So könnten (Sommer-)Deichöffnungen dazu beitragen, dass das dann regelmäßig überflutete Land mitwächst.

Anpassungswissen

In der heutigen MPR HB-OL wird das Küstenschutzsystem bereits seit Jahrhunderten an sich verändernde klimatische Randbedingungen bzw. Meeresspiegelniveaus angepasst. Vor allem schwere Sturmfluten mit z. T. katastrophalen Folgen führten dazu, dass die Deiche immer weiter verstärkt und erhöht wurden. Neben der Weiterentwicklung der Küstenschutztechniken hat sich auch eine entsprechende gesellschaftliche Organisation des Küstenschutzes etabliert (z. B. Deichverbände, Planungs- und Finanzierungsinstrumente, Sturmflutwarndienst, Katastrophenschutz). Nach Schirmer et al. (2007) treffen die Auswirkungen des Klimawandels daher auf eine Gesellschaft, die auf die daraus resultierenden Bedrohungen relativ gut vorbereitet ist.

Das Wissen über die Auswirkungen des Klimawandels auf den Küstenschutz ist aufgrund einer Vielzahl von Forschungsprojekten, z. T. mit Fokus auf Teilgebiete der MPR HB-OL, umfangreich. So konnten sowohl im Rahmen der in der Unterweser- bzw. Jade-Weser-Region durchgeführten Forschungsprojekte KLIMU, KRIM und INNIG als auch in vielen anderen Projekten auf nationaler und internationaler Ebene, wie z. B. ComCoast, COMRISK, CPSL, SafeCoast, FLOODsite oder Urban Flood Management Hamburg, wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf den Küstenschutz sowie der daraus resultierenden Anpassungserfordernisse und -optionen gewonnen werden. Darüber hinaus existieren verschiedene Forschungseinrichtungen, wie z. B. das „Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen“ (KFKI), das „Forschungs-Zentrum Küste“ (FZK) und die „Forschungsstelle Küste“ (FSK) des NLWKN, die sich ebenfalls u. a. mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Küstenschutz befassen.

Trotz der zahlreichen Forschungsaktivitäten besteht allerdings eine hohe Unsicherheit bezüglich des zu erwartenden Meeresspiegelanstiegs bzw. des Anstiegs der Sturmflutwasserstände (was sich auch in den großen Spannweiten der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien widerspiegelt). Auch die Wechselwirkungen zwischen Meeresspiegelanstieg und natürlicher Anpassungsfähigkeit des Wattenmeeres sind noch nicht hinreichend bekannt. Das Nds. MUK (2009) weist deshalb darauf hin, dass insbesondere weitere Untersuchungen zur klimabedingten Veränderung der Tidewas-

serstände, der Sturmfluten und der Morphologie des Küstenraums von großer Bedeutung sind. In den Generalplänen Küstenschutz Niedersachsen/Bremen bzw. Ostfriesische Inseln (NLWKN 2007 bzw. 2010) werden als wichtige Forschungsschwerpunkte zudem die Weiterentwicklung von integrierten, langfristigen Küstenschutzstrategien, die Verbesserung von Bemessungsansätzen für Küstenschutzbauwerke sowie die Optimierung der Bauwerksgestaltung genannt. Diesen Fragen wird derzeit z. B. im Rahmen des Teilprojektes „Veränderliches Küstenklima – Evaluierung von Anpassungsstrategien im Küstenschutz (A-KÜST)“ innerhalb des Forschungsverbundes „KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen“ nachgegangen.

Anpassungsoptionen

Strategien des Küstenschutzes

Im Küstenschutz lassen sich grundsätzlich vier Strategien unterscheiden, die sich in unterschiedlicher Weise für eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels eignen: Verteidigung, Anpassung, Vordringen und Rückzug.

Die Strategie „**Verteidigung**“ deckt sich mit der aktuellen Küstenschutzstrategie Niedersachsens und Bremens. Diese Strategie sieht die Erhöhung und Verstärkung der vorhandenen Hauptdeichlinie mitsamt ihren zusätzlichen technischen Elementen wie Spundwänden, Schöpf- und Sperrwerken auf die in den Generalplänen Küstenschutz Niedersachsen/Bremen bzw. Ostfriesische Inseln festgelegten Bemessungshöhen vor. Ebenfalls zur Verteidigungsstrategie können die technischen Maßnahmen zur Sicherung der natürlichen Küstenschutzelemente gezählt werden.

Die Methode Deicherhöhung/-verstärkung hat sich in der Vergangenheit bewährt, ihre Fortsetzung könnte sich in Zukunft allerdings als zunehmend problematisch erweisen. So bezeichnet Kunz (2004) die Strategie des „linienbezogenen“ Küstenschutzes langfristig gesehen als nicht zukunftsfähig, da der Sicherheitsstandard der Deichlinie nur dadurch zu erhalten ist, dass auf die steigenden Sturmflutwasserstände mit einer entsprechenden Ertüchtigung der Deiche reagiert wird (Anhebung des Bemessungswasserstandes). Dies führt jedoch zur Vergrößerung der Restrisiken, da bei einem nicht auszuschließenden Deichversagen aufgrund der höheren Sturmflutwasserstände mehr Wasser in das Deichhinterland einfließen und dort erheblich größere Schäden verursachen würde. Um dem steigenden Risiko entgegenzuwirken, müsste demnach die Höhe und Stabilität der Deiche überproportional erhöht werden (Schirmer & Wittig 2007), was mit erheblichen Problemen (z. B. Raumnutzungskonflikten infolge einer sich vergrößernden Deichaufstandsfläche, mangelnde Tragfähigkeit des Untergrundes) und Kosten (z. B. für aufwändige ingenieurtechnische Lösungen wie Spundwände und Gründungen) verbunden wäre (von Lieberman 2002).

Zwar haben die Forschungsergebnisse des KRIM-Projektes ergeben, dass die Anpassung des Küstenschutzes an den Meeresspiegelanstieg in der MPR HB-OL bei einer entsprechenden Aufstockung der finanziellen Ressourcen auf mittelfristige Sicht (Perspektive 2050) mit der etablierten Küstenschutzstrategie realisiert werden kann (vgl. Wittig et al. 2007b). Allerdings stellt sich die Frage, ob dies auch für eine Langfristperspektive über das Jahr 2050 hinaus gilt. Laut Nds. MUK (2009: 12) wird Küstenschutz „im Klimawandel zu einer großen gesellschaftlichen und ökonomischen Herausforderung der Zukunft“. So sei für die künftige Vorsorgeplanung zu prüfen, „ob und unter welchen veränderten Randbedingungen der seit Jahrhunderten trotz Rückschlägen mit Erfolg praktizierte linienhafte Küstenschutz beibehalten und ergänzt werden kann“.

Unter der Strategie „**Anpassung**“ ist die Veränderung der Küstenschutzmaßnahmen und/oder der Nutzungen im Küstenraum unter Betrachtung der jeweiligen Rahmenbedingungen zu verstehen. Diese Strategie kann verschiedene mittel- bis langfristige Küstenschutzoptionen umfassen, die insgesamt eine Abkehr von der Strategie des linienhaften Küstenschutzes hin zu einem stärker raumbezogenen Küstenschutz implizieren (z. B. 2. Deichlinien, Objektschutz, angepasste Flächennutzungen oder Maßnahmen zur Absenkung der Sturmflutwasserstände in Ästuarbereichen wie z. B. partielle Rückdeichungen, Sturmflutentlastungspolder, Reduzierung des Tidehubs in der Unterweser).

Mit der Strategie „**Vordringen**“ ist die Verlagerung der Hauptdeichlinie nach vorne in Richtung Meer gemeint. Diese Variante wurde in der Vergangenheit vor allem zum Zweck der Landgewinnung umgesetzt, ist jedoch vor dem Hintergrund des Meeresspiegelanstiegs und aufgrund natur-schutzfachlicher Gesichtspunkte (Erhalt ökologisch wertvoller, dem Deich vorgelagerter Watt- und Salzwiesenflächen) nicht mehr zeitgemäß. Als „Vordringen“ wäre aber auch die Errichtung von Sturmflutsperrwerken z. B. in der Wesermündung oder im Jadebuseneingang zu bezeichnen, da dadurch die zu verteidigende Hauptdeichlinie entlang von Unterweser bzw. Jadebusen verkürzt und sozusagen nach vorne verlagert würde (vgl. Schirmer et al. 2007). Die Küstenschutzoption Mündungssperrwerk hätte jedoch in beiden Fällen erhebliche ökologische Beeinträchtigungen zur Folge, da sie das Tidegeschehen in der Unterweser und im Jadebusen verändern würde.

Unter der Strategie „**Rückzug**“ ist die Aufgabe der aktuellen Deichlinie zu verstehen, wodurch geschützte Flächen der natürlichen Dynamik des Wattenmeeres zurückgegeben und damit einer weiteren Siedlungs- und (land-)wirtschaftlichen Nutzung entzogen würden. Obwohl auf absehbare Zeit mit den oben genannten Strategien „Verteidigung“, „Anpassung“ und „Vordringen“ bzw. ihrer Kombination eine weitgehende Sicherstellung des aktuellen Schutzniveaus möglich erscheint, werden – je nach Verlauf des Klimawandels – langfristig möglicherweise bestimmte Grenzen erreicht, die u. U. einen großräumigen Rückzug in höher gelegene Gebiete, d. h. die Reduzierung der Nutzung küstennaher Bereiche bzw. deren vollständige Aufgabe, erforderlich machen würde (Schuchardt et al. 2008a).

Sicherheitsphilosophie vs. Risikoorientierung: Bei der in Niedersachsen und Bremen gültigen deterministischen Ermittlung des Bemessungswasserstandes für Küstenschutzbauwerke bleibt die Bewertung bzw. Ermittlung des Restrisikos für die im Deichhinterland geschützten Werte praktisch unberücksichtigt. Es wird gegenwärtig ein gleich großer Schutzstatus der gesamten Deichlinie gegenüber einer bis zur Höhe des Bemessungswasserstandes auflaufenden Sturmflut angestrebt („Sicherheitsphilosophie“; vgl. Website Nds. MUK), ohne dabei die Versagenswahrscheinlichkeiten der Küstenschutzelemente und das Schadenspotenzial im Deichhinterland zu betrachten (Giszas 2004). Vor dem Hintergrund der klimawandelbedingten Herausforderungen und in Anbetracht von Fragen der Verteilungsgerechtigkeit, der Effektivität und der Finanzierbarkeit von Küstenschutzmaßnahmen sowie des Umgangs mit Restrisiken könnte eine stärkere Risikoorientierung im Küstenschutz zukünftig aber sinnvoll werden (Schuchardt et al. 2007). Dies könnte beispielsweise dadurch erfolgen, dass das bisher gültige Paradigma eines entlang der gesamten Deichlinie einheitlichen Schutzstatus insofern abgewandelt würde, dass verschiedene, je nach Nutzungsform und -intensität des jeweiligen Küstenabschnitts variierende Schutzniveaus eingeführt werden, wie es heute z. B. bereits in den Niederlanden der Fall ist (Giszas 2004). Ein Paradigmenwechsel von der bestehenden Sicherheitsphilosophie hin zu einer Küstenschutzstrategie mit stärkerer Risikoorientierung würde laut Schirmer et al. (2007) allerdings einen gesellschaftlichen und politischen Diskurs über ein akzeptiertes Restrisiko erforderlich machen, der bisher nicht begonnen worden ist.

Möglichkeiten zur Verminderung des Sturmflutschadensrisikos im Küstenbereich: Der Küstenschutz hat laut Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen (NLWKN 2007) die vorsorgende Aufgabe, den küstennahen Lebens- und Wirtschaftsraum der Menschen zu sichern, indem er Schutz vor Überflutungen und die Umsetzung der hierfür notwendigen Maßnahmen gewährleistet. Hier wird deutlich, dass die gegenwärtige Küstenschutzphilosophie stark auf den Aspekt der Schutzgewährung und weniger auf die Risikobetrachtung und -minderung in den potenziell sturmflutgefährdeten Küstengebieten ausgerichtet ist. Insbesondere im Hinblick auf die Herausforderungen des Klimawandels könnte es jedoch zunehmend wichtiger werden, zur Verminderung des Sturmflutschadensrisikos im Küstenbereich sowohl Maßnahmen zur Reduzierung der Versagenswahrscheinlichkeiten des Küstenschutzsystems als auch zur Verminderung des Schadenspotenzials im sturmflutgefährdeten Küstengebiet umzusetzen (Details in Schuchardt et al. 2011, Kap. 7).

Zudem kann eine Risikoverminderung auch durch die Vorbereitung auf den Katastrophenfall erfolgen, z. B. durch frühzeitige Warnungen des vom NLWKN betriebenen Sturmflutwarndienstes, die Erstellung von Einsatz- und Evakuierungsplänen, die Anschaffung von geeigneter technischer Ausrüstung und die Ausbildung von Katastrophenschutzkräften.

Instrumente

Generalplan Küstenschutz: Die beiden Generalpläne Küstenschutz Niedersachsen/Bremen bzw. Ostfriesische Inseln bilden die zentralen Planungsdokumente des Küstenschutzes in Niedersachsen und Bremen. In ihnen sind die Ziele, die notwendigen Maßnahmen und der Finanzbedarf des Küsten- bzw. Inselschutzes zusammengestellt. Um bereits bei heutigen Ausbaumaßnahmen den zu erwartenden beschleunigten Meeresspiegelanstieg zu berücksichtigen, gelten seit Juli 2007 folgende Regelungen (NLWKN 2007; NLWKN 2010): Bei der Ermittlung des Bemessungswasserstandes für Küstenschutzbauwerke wird als Vorsorgemaß ein Zuschlag von insgesamt 50 cm berücksichtigt, der sich zusammensetzt aus 25 cm für den säkularen Meeresspiegelanstieg und zusätzlichen 25 cm „Klimawandelzuschlag“.⁹ Zudem sollen Küstenschutzbauwerke statisch so ausgelegt werden, dass sie erforderlichenfalls nachträglich um rund 1 m erhöht werden können. In Verbindung mit dem o. g. Vorsorgemaß beinhalten die beiden Generalpläne folglich die Möglichkeit, auf einen Anstieg der Sturmflutwasserstände von insgesamt rund 150 cm zu reagieren.

Ein Vergleich des oben genannten Vorsorgemaßes bzw. der Reservevorhaltung für nachträgliche Erhöhungen der Küstenschutzbauwerke mit den in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien festgelegten Werten für den Anstieg der Sturmflutwasserstände zeigt folgendes Bild: Während der für das 2050-Szenario festgelegte mittlere Wert des Sturmflutwasserstandsanstiegs (+43 cm) noch mit dem Bemessungsvorsorgemaß von 50 cm aufgefangen werden kann, wird für die Bewältigung der oberen Spannweitenbereiche des 2050-Szenarios (+19 bis +111 cm) bereits die oben genannte Reserve für eine nachträgliche Erhöhung der Küstenschutzbauwerke von einem Meter erforderlich. Insgesamt ist bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts mittels Vorsorgemaß und Reservevorhaltung aber die gesamte Spannweite des zu erwartenden Anstiegs der Sturmflutwasserstände zu bewältigen. Ein anderes Bild ergibt sich dagegen für das 2085-Szenario: Hier wird bereits für die Bewältigung des mittleren Sturmflutwasserstandsanstiegs (+90 cm) die Reservevorhaltung für eine nachträgliche Erhöhung der Küstenschutzbauwerke erforderlich. Die oberen Bereiche der Spannweiten des zu erwartenden Anstiegs der Sturmflutwasserstände (+53 bis +216 cm) können dagegen auch über die volle Ausnutzung der Baureserve nicht abgedeckt werden. Je nachdem wie stark der Anstieg der Sturmflutwasserstände bis zum Ende des 21. Jahrhunderts ausfällt, können also durchaus weitere Zuschläge auf die Bemessungshöhen und zusätzliche Ausbauten der Küstenschutzbauwerke notwendig werden.

Flächenmanagement: Der Küstenschutz wird zukünftig stärker als bisher als Raumnutzer auftreten – sei es aufgrund von zusätzlichen Flächenansprüchen durch Deicherhöhungen/verstärkungen und die dafür erforderliche Kleigewinnung oder aber aufgrund von raumbezogenen Anpassungsstrategien des Küstenschutzes. Die bereits heute existierenden Flächenkonkurrenzen zwischen den Belangen des Küstenschutzes und anderen Nutzungen, wie z. B. Siedlungs-, Gewerbe- und Industrieflächenentwicklung, Infrastrukturen (Hafenanlagen, Verkehrswege etc.), Naturschutz, Tourismus oder Landwirtschaft werden sich daher deutlich verschärfen. Vor diesem Hintergrund gilt es, ein vorausschauendes Flächenmanagement zu implementieren (s. Kap. 5.3).

Um langfristig Optionen für raumbezogene Küstenschutzstrategien offen zu halten, schlägt das „Common Wadden Sea Secretary“ (CWSS) die Ausweisung von Puffer- und Flutrisikozonen an der Küste vor (CPSL 2005). Während Pufferzonen („coastal buffer zones“) der Freihaltung von Flächen für zukünftige Küstenschutzmaßnahmen oder einer Rückverlagerung der Küstenschutzlinie dienen, sollen Flutrisikozonen („coastal hazard zones“) potenziell sturmflutgefährdete Gebiete markieren. In diesen Zonen könnte durch Restriktionen und Vorgaben für die räumliche und bauliche Nutzung das Sturmflutschadensrisiko gesenkt werden, z. B. indem für bestimmte Nutzungen ein spezieller Objektschutz bzw. hochwassersichere Bauweisen sowie die Anpassung der Infrastrukturen an mögliche Überflutungsereignisse vorgesehen wird.

⁹ Für den Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen wurde der „Klimawandelzuschlag“ erst nachträglich nach dessen Veröffentlichung festgelegt.

Einen Beitrag zu einem solchen Flächenmanagement könnte der Ansatz des Integrierten Küstenzonenmanagements (IKZM) liefern, durch das die verschiedenen Interessen und Belange im Küstenraum integriert betrachtet und abgewogen werden sollen (vgl. BMU 2006a). Da IKZM jedoch kein eigenständiges Instrumentarium mit formalen Bindungswirkungen ist, muss das Flächenmanagement im Küstenraum in erster Linie über formelle raumplanerische Instrumente sowie die Vorgaben des Küstenschutzrechts erfolgen (z. B. LROP Niedersachsen 2008, das die Sicherung des für den Küstenschutz erforderlichen Raumbedarfs in den Regionalen Raumordnungsprogrammen fordert, und Niedersächsische Deichgesetz (NDG), welches Vorgaben zur Sicherung von Flächen für Küstenschutz Zwecke regelt (s. Kap. 4.11).

Risikomanagement: Im Oktober 2007 wurde die EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EG-HWRMRL) erlassen und im Zuge der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) im März 2010 in deutsches Recht überführt. Die EG-HWRMRL sieht ein dreistufiges Verfahren des Hochwasserrisikomanagements vor, wobei auch Küstengebiete in die Betrachtung mit einzubeziehen sind. Zunächst ist bis Ende 2011 eine vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos vorzunehmen und eine Prognose der geschätzten Folgen künftiger Hochwasserereignisse zu erstellen. Auf der Grundlage dieser Bewertung sollen Gebiete mit signifikantem Hochwasserrisiko (Risikogebiete) bestimmt werden. In einem zweiten Schritt sind bis Ende 2013 für als Risikogebiete identifizierte Bereiche Gefahren- und Risikokarten zu erstellen. In einem dritten Schritt sollen dann bis 2015 auf der Grundlage der Gefahren- und Risikokarten Hochwasserrisikomanagementpläne aufgestellt werden, die sowohl Aspekte der Vermeidung, des Schutzes und der Vorsorge, einschließlich Hochwasservorhersagen und Frühwarnsystemen, umfassen. Zudem sollen die Pläne Kosten- und Nutzenverteilungen sowie die Belange von Bodennutzung und Wasserwirtschaft, Raumordnung, Flächennutzung, Naturschutz, Schifffahrt und Hafeninfrastruktur berücksichtigen. Die EG-HWRMRL sieht alle sechs Jahre eine Überprüfung und ggf. Aktualisierung der Bewertung des Hochwasserrisikos sowie der Gefahren- bzw. Risikokarten und Risikomanagementpläne vor, bei der den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Hochwasserrisiko Rechnung zu tragen ist. Zudem fordert die Richtlinie eine stärkere Information und Konsultation der Öffentlichkeit. Demnach sollen die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos, die Gefahrenkarten, die Risikokarten und die Risikomanagementpläne veröffentlicht sowie eine aktive Einbeziehung der interessierten Stellen bei der Aufstellung, Überprüfung und Aktualisierung der Risikomanagementpläne gefördert werden.

Insgesamt stellt die EG-HWRMRL damit einen viel versprechenden Ansatz für ein klimawandel- und risikoangepasstes Küstenschutz- und Küstenzonenmanagement dar. Allerdings besteht im politisch-administrativen System bislang noch eine große Unklarheit hinsichtlich der Anwendung und Umsetzung der EG-HWRMRL in den Küstengebieten. Es bleibt daher abzuwarten, welchen Beitrag diese Richtlinie tatsächlich zur Realisierung eines verbesserten Risikomanagements im Küstenschutz liefern kann.

Finanzielle Instrumente: Da Küstenschutz laut Art. 91a GG als national bedeutsame Aufgabe angesehen wird, erfolgt die Finanzierung von Deichneubauten sowie Deicherhöhungen und -verstärkungen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK) gemeinsam durch Bund und Länder, wobei der Bund 70% und das jeweilige Land 30% der Kosten trägt. Zusätzlich werden Mittel der Europäischen Union eingesetzt. Für die Finanzierung der Unterhaltungsarbeiten an den Deichen sind dagegen die Deichverbände zuständig, die dafür die Beiträge der Deichverbandsmitglieder einsetzen, die von allen Eigentümern im deichgeschützten Bereich zu entrichten sind (NLWKN 2007; Lange et al. 2007).

Mit dem im Jahr 2009 aufgestellten Sonderrahmenplan der GAK, der aus dem Klimawandel resultierende Mehrausgaben für den Küstenschutz abdecken soll, verpflichtet sich der Bund im Zeitraum 2009 bis 2025 insgesamt zusätzlich 380 Mio. € für den Küstenschutz bereitzustellen, davon 107,5 Mio. € für das Land Niedersachsen und 83,7 Mio. € für das Land Bremen (vgl. BMELV 2009). Da der Ausbau des Küstenschutzsystems aufgrund des fortschreitenden Meeresspiegelanstiegs eine Daueraufgabe sein wird, werden darüber hinaus zukünftig (d. h. nach 2025) weitere Investitionen erforderlich sein. So wird beispielsweise der langfristige Investitionsbedarf für den Küstenschutz in Niedersachsen auf 1,5 Mrd. € geschätzt (Website Nds. MUK). Die trilate-

rale „Coastal Protection and Sea Level Rise (CPSL)“-Gruppe des „Common Wadden Sea Secretariat“ (CWSS) hält bei einem Meeresspiegelanstieg von 1 m bis 2100 und steigender Sturm­tätigkeit insgesamt eine Verdoppelung der erforderlichen Kosten zur Gewährleistung der heutigen Sicherheitsstandards des Küstenschutzsystems für möglich (CPSL 2001). Inwieweit das derzeitige Finanzierungsmodell des Küstenschutzes über die GAK unter den Bedingungen des Klimawandels langfristig fortbestehen kann, lässt sich nicht voraussagen. Da vor dem Hintergrund der finanziellen Engpässe in den öffentlichen Haushalten aber nicht davon auszugehen ist, dass die für den Küstenschutz bereitgestellten Mittel ohne Weiteres zu erhöhen sind, werden bei der Wahl und Umsetzung von Küstenschutzstrategien bzw. -maßnahmen in Zukunft Kosten-Nutzen-Analysen an Bedeutung gewinnen (Schuchardt et al. 2007).

Institutionen/Akteure/Entscheidungsstrukturen

Hauptverantwortliche für den Küstenschutz in der MPR HB-OL sind die Deichverbände, die in Niedersachsen durch den NLWKN fachlich unterstützt werden. Zudem übernehmen Niedersachsen Ports und bremenports wichtige Aufgaben des Küstenschutzes. Als Aufsichtsbehörden fungieren die Unteren Deich- bzw. Wasserbehörden auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte sowie die Obersten Deich- bzw. Wasserbehörden auf Landesebene (NLWKN 2007; Lange et al. 2007).

Bisher wird Küstenschutz weitestgehend als ingenieurtechnische Fachplanung verstanden, die unter Anwendung der durch das deterministische Verfahren vorgegebenen Bemessungshöhen für Küstenschutzbauwerke von den jeweils zuständigen Fachbehörden durchgeführt wird. Eine integrierte Betrachtung von Küstenschutz und anderen raumwirksamen Planungen und Entwicklungen im Küstengebiet spielt bei der Aufstellung bzw. Fortschreibung der Generalpläne Küstenschutz bislang ebenso wenig eine Rolle wie die Beteiligung der Öffentlichkeit an der mittelfristigen Küstenschutzplanung. Dies liegt auch darin begründet, dass die Generalpläne Küstenschutz weder ROV- noch SUP-pflichtig sind, so dass der für eine integrierte Betrachtungsweise und ein partizipatorisches Vorgehen an sich geeignete formale Rahmen des Raumordnungsverfahrens (ROV) bzw. der Strategischen Umweltprüfung (SUP) nicht zum Tragen kommt (Schuchardt et al. 2008a).

Laut Klenke et al. (2006) wird sich das Aufgabenspektrum von Küstenschutzplanungen vor dem Hintergrund des Klimawandels allerdings von rein (küstenschutz-)technischen hin zu gesellschaftlich-organisatorischen Fragestellungen erweitern müssen. Dies resultiert daraus, dass die Anpassung des Küstenschutzsystems aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der sich ändernden Rahmenbedingungen sowie aufgrund der mit Anpassungsmaßnahmen einhergehenden Flächenkonkurrenzen, Nutzungseinschränkungen und Eingriffe in Eigentumsrechte eine schwierige gesellschaftspolitische Aufgabe darstellt. Dies macht eine Beteiligung relevanter Akteure und der Bevölkerung des Küstenraumes an Entscheidungsprozessen über (zukünftige klimawandelangepasste) Küstenschutzstrategien und -maßnahmen und damit auch eine andere Verfahrensweise bei der Aufstellung bzw. Fortschreibung der Generalpläne Küstenschutz erforderlich, die laut Schuchardt et al. (2007: 214) „als IKZM-Prozess mit den entsprechenden Anforderungen an Nachhaltigkeit, Integration, Partizipation und Kommunikation anzulegen“ wäre. Impulse kann hier möglicherweise auch die EG-HWRMRL liefern, die u. a. auf eine stärkere Öffentlichkeitsbeteiligung im Küstenschutz abzielt (s. o.).

Anpassungsbereitschaft

Die Umsetzung von Anpassungsstrategien und -maßnahmen im Küstenschutz wird maßgeblich von der politischen Entschlossenheit, der Entscheidungsfähigkeit der zuständigen Fachverwaltungen und politisch Verantwortlichen sowie vom Zusammenspiel der unterschiedlichen staatlichen und nichtstaatlichen Akteure (mit)beeinflusst (Schuchardt et al. 2008a). Als Basis für die gesellschaftspolitische Durch- und Umsetzbarkeit von Anpassungsmaßnahmen muss ein entsprechendes Gefahren- bzw. Risikobewusstsein vorhanden sein bzw. entwickelt werden. So hängt beispielsweise die Legitimität von Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels u. a. von der Überzeugung der Öffentlichkeit ab, dass der Klimawandel eine ernste Bedrohung darstellt und dass Handlungsnotwendigkeiten bestehen (Peters & Heinrichs 2007). Im Rahmen von

KRIM und INNIG durchgeführte Untersuchungen haben verdeutlicht, dass in der Region ein hohes Risikobewusstsein der Öffentlichkeit gegenüber Sturmfluten besteht. Nach Heinrichs & Grunenberg (2007) gehen etwa drei Viertel der befragten Personen davon aus, dass sich das Sturmflutrisiko in Folge des Klimawandels verstärken wird und dass der Klimawandel in einigen Jahrzehnten zu Hochwasserereignissen führen wird, vor denen die jetzigen Schutzeinrichtungen keine Sicherheit bieten können. In Bremen befürworten daher ca. 85% der Befragten eine Verstärkung des Küstenschutzes aufgrund des Klimawandels.

Die Untersuchungen im Rahmen des KRIM-Projektes haben zudem ergeben, dass sowohl von einem Großteil des politisch-administrativen Systems ebenso wie von der Mehrheit der Öffentlichkeit eine Fortsetzung der bestehenden Küstenschutzstrategie (Verteidigung der Hauptdeichlinie) – auch unter den Bedingungen des Klimawandels – favorisiert und als ausreichend angesehen wird (vgl. Peters & Heinrichs 2007; Lange et al. 2007). Dies wird durch die im Rahmen des ‚nordwest2050‘-Projektes durchgeführten Untersuchungen des AB Governance weitgehend bestätigt (vgl. Garrelts et al. 2011): So zeigen sich sämtliche der befragten Akteure von einem hohen derzeitig und mittelfristig bestehenden Schutzniveau überzeugt. Zudem wird von keinem der Akteure in Zweifel gezogen, dass die anfallenden Herausforderungen bewältigt werden können. Im Hinblick auf die Anpassungsnotwendigkeiten wird auf die noch verfügbare Zeit verwiesen, um Fragen der Anpassung zu klären. Ein sofortiger grundlegender radikaler Wandel in der Küstenschutzplanung sei daher nicht erforderlich.

Auch die Ergebnisse der UBA-Veranstaltung „Dialoge zur Klimaanpassung: Küstenschutz“ verdeutlichen, dass eine Aufgabe der Strategie der „harten“ Verteidigung der Deichlinie zugunsten alternativer Strategien – zumindest kurzfristig – politisch und gesellschaftlich nicht durchsetzbar wäre. Als hemmende Faktoren für die Anpassungsbereitschaft werden u. a. der so genannte Deicheffekt – mit dem daraus resultierenden Mangel an Risikowahrnehmung bzw. der Illusion von Sicherheit hinter dem Deich –, die nach wie vor bestehende Unsicherheit der Klimaszenarien und -projektionen zum Meeresspiegelanstieg sowie die Skepsis gegenüber ihrer Verlässlichkeit angeführt. Zudem steht auch das tradierte Denken, das auf Landgewinnung und -verteidigung orientiert ist, innovativen Ansätzen des Küstenschutzes entgegen (Hirschfeld et al. 2009).

4.4.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Küstenschutz in der MPR HB-OL ist in starkem Maße davon abhängig, welche Werte der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien für den Anstieg des Meeresspiegels, des mittleren Tidehochwassers und der Sturmflutwasserstände zugrunde gelegt werden. Während für den unteren Spannweitenbereich aufgrund des weiterhin möglichen Mitwachsens der natürlichen Küstenschutzelemente und der vergleichsweise moderaten Zunahme des Sturmflutschadensrisikos (im Versagensfall der Küstenschutzbauwerke) mit **geringen** potenziellen Auswirkungen zu rechnen ist, muss für den oberen Spannweitenbereich von **hohen** potenziellen Auswirkungen ausgegangen werden, die zum einen aus der wahrscheinlichen Überschreitung des Mitwachs-/Aufwuchsvermögens der natürlichen Küstenschutzelemente und dem damit einhergehenden Verlust ihrer Regulationsfunktion und zum anderen aus der starken Zunahme des Sturmflutschadensrisikos resultieren.

Bewertung der Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit: Die natürliche Anpassungsfähigkeit der Wattflächen und Deichvorländer (Mitwachs-/Aufwuchsvermögen) ist zum einen von der Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs abhängig und wird zum anderen durch die anthropogene Überprägung der Küstenlandschaft (Errichtung einer starren Küstenlinie) beeinflusst, die dynamische Anpassungsprozesse im Übergangsbereich zwischen Meer und Land nur noch in engen Grenzen ermöglicht. Während ein Meeresspiegelanstieg, der sich im unteren Spannweitenbereich der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien abspielt, kompensiert werden kann, ist die natürliche Anpassungsfähigkeit bei einem Meeresspiegelanstieg im oberen Spannweitenbereich stark eingeschränkt bzw. nur noch bei umfangreichen künstlichen Sedimentaufspülungen oder der Schaf-

fung neuer Übergangsräume für dynamische Entwicklungen (z. B. durch Deichrückverlegungen) möglich. Die natürliche Anpassungsfähigkeit schwankt dementsprechend zwischen *gering und hoch*.

Anpassungswissen: Aufgrund der bereits seit Jahrhunderten andauernden kontinuierlichen Weiterentwicklung der Küstenschutztechniken besteht in der MPR HB-OL ein umfangreiches Erfahrungswissen, welches im Hinblick auf die bevorstehenden Auswirkungen des Klimawandels und die daraus resultierenden Anpassungserfordernisse seit einigen Jahren zudem durch eine Vielzahl an Forschungsprojekten und Aktivitäten unterschiedlicher Forschungseinrichtungen erweitert wird. Allerdings besteht trotz der umfangreichen Forschungsarbeiten z. T. noch eine relativ große Unsicherheit bezüglich der klimawandelbedingten Auswirkungen auf das Küstenschutzsystem (z. B. hinsichtlich der Entwicklung der Tide- und Sturmflutwasserstände oder der Wechselwirkungen zwischen Meeresspiegelanstieg und natürlicher Anpassungsfähigkeit der Watten und Deichvorkländer). Das Anpassungswissen kann insgesamt als *mittel bis hoch* eingestuft werden.

Anpassungsoptionen: Im Handlungsbereich „Küstenschutz“ ist grundsätzlich eine breite Palette an Strategien, Maßnahmen und Technologien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels vorhanden bzw. bekannt. Diese reichen von der bestehenden Strategie der „Verteidigung“ (Erhöhung und Verstärkung der Hauptdeichlinie auf die in den Generalplänen Küsten- und Inselschutz festgelegten, bereits mit „Klimawandelzuschlag/-beiwert“ und „Baureserve“ ausgestatteten Bemessungshöhen) über verschiedene denkbare Optionen im Bereich der Strategie „Anpassung“ (z. B. 2. Deichlinien, Sturmflutentlastungspolder, Objektschutz, angepasste Flächennutzungen) oder der Strategie „Vordringen“ (z. B. Sturmflutsperrwerke in der Wesermündung bzw. Jadebusenöffnung) bis hin zur Strategie „Rückzug“, d. h. der (partiellen) Aufgabe bestimmter Küstengebiete. Während für die Erhöhung und Verstärkung der Hauptdeichlinie aufgrund der existierenden und auf diese Strategie ausgerichteten Organisationsformen sowie rechtlichen, planerischen und finanziellen Instrumente des Küstenschutzes (NDG: Niedersächsisches Deichgesetz, Generalpläne Küsten- und Inselschutz, GAK: Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes) gute Voraussetzungen vorhanden sind, stellt sich die Umsetzbarkeit von stärker raumbezogenen Küstenschutzstrategien und -maßnahmen aufgrund der bisher weitestgehend fehlenden Risikoorientierung, Öffentlichkeitsbeteiligung und raumplanerischen Flächenvorsorge zum heutigen Zeitpunkt als weitaus schwieriger dar. Impulse könnten hier allerdings von der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie, dem Instrument des Integrierten Küstenzonenmanagements sowie den im Zuge der derzeit laufenden Aktualisierung und Fortschreibung des Landes-Raumordnungsprogramms (LROP) Niedersachsen geplanten zusätzlichen Vorgaben für die Raumordnung im Küstenbereich ausgehen. Die Anpassungsoptionen können demnach insgesamt als *mittel bis hoch* bewertet werden.

Anpassungsbereitschaft: Sowohl der Großteil des politisch-administrativen Systems als auch die Mehrheit der Öffentlichkeit favorisieren – mindestens auf mittelfristige Sicht – die Fortsetzung der bestehenden Küstenschutzstrategie „Verteidigung“ (Erhöhung und Verstärkung der Hauptdeichlinie). Im Hinblick auf mögliche darüber hinausgehende Anpassungsnotwendigkeiten wird auf die noch vorhandene Zeit verwiesen, die für die Entwicklung und Umsetzung alternativer Küstenschutzoptionen zur Verfügung steht. Hinsichtlich der Anpassungsbereitschaft lässt sich daher schlussfolgern, dass diese bei einer Fortsetzung der bestehenden Strategie als *hoch* einzuschätzen ist, während sie bei der Umsetzung alternativer, stärker raumbezogener Küstenschutzstrategien, die zudem mit z. T. erheblichen Eingriffen in bestehende Nutzungen einhergehen, zum jetzigen Zeitpunkt als eher *gering* eingestuft werden kann.

Für die Bewertung der Anpassungskapazität des Handlungsbereichs Küstenschutz ergibt sich damit insgesamt folgendes Bild: Während diese bei einem Anstieg des Meeresspiegels und der Sturmflutwasserstände im unteren Spannweitenbereich der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sowie der Fortsetzbarkeit der bestehenden Küstenschutzstrategie als *hoch* anzusehen ist, kann sie für das Eintreten oberer Spannweitenbereiche und/oder für die Realisierung alternativer Küstenschutzoptionen als *gering bis mittel* eingeschätzt werden.

Bewertung der Vulnerabilität

In Niedersachsen und Bremen hat sich in der Vergangenheit ein administratives und küstenschutztechnisches System entwickelt und etabliert, dem es (seit einigen Jahrzehnten) gelungen ist, Überflutungen im sturmflutgefährdeten Küstengebiet zu verhindern. Aufgrund der Berücksichtigung von „Klimawandelzuschlägen/-beiwerten“ und „Baureserven“ in den Generalplänen Küsten- und Inselchutz wird zumindest auf mittelfristige Sicht, d. h. bis ca. Mitte des 21. Jahrhunderts, auch die Bedrohung durch den klimawandelbedingten Anstieg der Sturmflutwasserstände auf „traditionelle“ Weise, d. h. durch die Verteidigung der Hauptdeichlinie, aufgefangen werden können. Der fortschreitende, möglicherweise stark beschleunigte Meeresspiegelanstieg sowie sich ändernde natürliche und sozioökonomische Randbedingungen stellen den Küstenschutz langfristig jedoch vor neue Herausforderungen, die eine Weiterentwicklung der heutigen Küstenschutzstrategie und Organisationsformen erforderlich machen könnten. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Bewertung der Vulnerabilität des Handlungsbereichs Küstenschutz in der MPR HB-OL folgendermaßen dar: Für die unteren Werte des Anstiegs von Meeresspiegel und Sturmflutwasserständen ist aufgrund der daraus resultierenden *geringen* potenziellen Auswirkungen sowie der *hohen* natürlichen Anpassungsfähigkeit und gesellschaftlichen Anpassungskapazität von einer *geringen* Vulnerabilität auszugehen. Für die oberen Werte ist die Vulnerabilität aufgrund der damit einhergehenden *hohen* potenziellen Auswirkungen sowie der in diesem Fall *geringen bis mittleren* natürlichen Anpassungsfähigkeit und gesellschaftlichen Anpassungskapazität dagegen als *hoch* einzuschätzen. Ein für die Vulnerabilität des Handlungsbereiches Küstenschutz bedeutsamer Aspekt besteht zudem darin, dass sich der Meeresspiegelanstieg über das Jahr 2100 hinaus fortsetzen wird, so dass auch bei niedrigen jährlichen Anstiegsrate zukünftig kritische Wasserstandshöhen erreicht werden können, die eine Veränderung der heutigen Küstenschutzstrategie erforderlich machen wird.

4.5 Bodenschutz

Jan Spiekermann, Stefan Wittig

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Bereich Bodenschutz findet sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.5.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

In der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) kommen drei Bodenregionen (Küstenholländisch, Flusslandschaften und Geest) mit insgesamt sechs Bodengroßlandschaften (Nordseeinseln, Watten, Küstenmarschen, Auen und Niederterrassen, Talsandniederungen und Urstromtäler sowie Geestplatten und Endmoränen) vor. Die Bodengroßlandschaften lassen sich weiter in verschiedene Bodenlandschaften und eine Vielzahl von Bodentypen untergliedern (NLfB 1997).

Bodeneigenschaften, -prozesse und -funktionen werden von einer Reihe von Faktoren beeinflusst, bei denen klimatische Bedingungen eine wesentliche Rolle spielen (Scheffer & Schachtschabel 2002). Um die komplexen Wechselwirkungen zwischen klimatischen Einflüssen und Böden abbilden zu können, werden die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Böden in der MPR HB-OL im Folgenden anhand verschiedener Sensitivitätsaspekte (Bodenwasser- und Bodenstoffhaushalt, Bodenhumusgehalt, Bodenbiodiversität, Bodenverdichtung und -erosion, Bodenfunktionen) dargestellt.

Bodenwasserhaushalt

Die Abnahme der sommerlichen Wasserbilanz, resultierend aus dem Rückgang der Sommerniederschläge und einer gleichzeitig erhöhten Evapotranspiration, führt grundsätzlich zu einem

Rückgang des Bodenwassergehalts während der Hauptvegetationsperiode (LBEG 2010). Durch die klimawandelbedingte Verlängerung der Vegetationsperiode kann sich die Evapotranspiration noch zusätzlich erhöhen, was – insbesondere bei mangelnder Wassernachlieferung durch Niederschläge oder kapillaren Aufstieg von Grundwasser – zu einer wesentlich rascheren Reduzierung der Bodenwasservorräte führen kann (Böhm 2008; LABO 2010). Wird die Wasserversorgung zu stark eingeschränkt, können vermindertes Pflanzenwachstum und Pflanzenschäden landwirtschaftliche Ertragseinbußen verursachen; es ist daher von einer Zunahme des Ertragsrisikos für die Landwirtschaft auszugehen (LBEG 2010; s. Kap. 4.7). Besonders betroffen sind grundwasserferne Standorte und/oder Böden mit nur geringer Wasserspeicherkapazität (LABO 2010), wie z. B. Geestböden mit hohen Anteilen an Grob- und Mittelsand oder aber auch sehr dicht gelagerte tonreiche Böden, die nur über vergleichsweise geringe Mengen an pflanzenverfügbarem Wasser innerhalb des Wurzelraums verfügen. Feinsandböden und schluffreiche Böden können hingegen auch bei Trockenheit länger eine ausreichende Wasserverfügbarkeit ermöglichen, vor allem wenn das verdunstende Wasser durch kapillare Wassernachlieferung ergänzt wird und so auch tiefer gelegenes Boden- bzw. Grundwasser nutzbar ist (Scheffer & Schachtschabel 2002). Im Zuge des Klimawandels können sich allerdings auch die sommerlichen Grundwasserflurabstände und damit die Möglichkeiten des kapillaren Wasseraufstiegs z. T. deutlich reduzieren (s. Kap. 4.3).

Aufgrund der projizierten deutlichen Zunahme der Winterniederschläge ist von einem veränderten Infiltrations- und Abflussverhalten der Böden auszugehen (LABO 2010). Während vor allem bei sandigen und damit stark durchlässigen Geeststandorten aus diesem Grund mit höheren winterlichen Sickerwasserraten zu rechnen ist, kann eine erhöhte Wasserzufuhr bei Böden mit geringerer Wasserdurchlässigkeit (hoher Anteil an Feinsubstraten) Staunässe, erhöhte Oberflächenabflüsse und Erosion begünstigen (Böhm 2008).

In den Küstenniederungen der MPR HB-OL wird zudem der Anstieg des Meeresspiegels und des mittleren Tidehochwassers zu Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes und verstärkter Salzwasserintrusion führen (Hoffmann et al. 2005).

Bodenstoffhaushalt

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Stoffhaushalt von Böden sind aufgrund der Vielzahl direkt und indirekt beteiligter Faktoren sehr komplex. So können neben direkten Einwirkungen durch veränderte Bodenwassergehalte und Sickerwasserraten auch indirekte Beeinflussungen der Stoffkonzentrationen und Stofftransporte resultieren, die z. B. von veränderten Pflanzenwachstums- und Zersetzungsraten ausgehen können. Durch den Klimawandel ist insbesondere mit folgenden Veränderungen im Bodenstoffhaushalt zu rechnen (Böhm 2008; LBEG 2010):

- Die Gefahr einer sich verstärkenden sommerlichen Austrocknung von Böden wird zu einer Änderung der Nährstoffdynamik führen. Da der Transport von Düngennährstoffen zur Pflanzenwurzel und die Aufnahme zahlreicher Pflanzennährstoffe an das Vorhandensein von Wasser gekoppelt sind, werden die Nährstoffverfügbarkeit und die Düngewirkung in der Hauptvegetationsperiode eingeschränkt, wodurch das Risiko von Trockenstress und Mindererträgen aufgrund schlechter Nährstoffausnutzung steigt.
- Der prognostizierte Temperaturanstieg kann – unter der Voraussetzung, dass ein ausreichender Bodenwassergehalt gegeben ist – zu einer allgemeinen Beschleunigung der Stoffumsätze im Boden und damit auch zu einem Anstieg der Raten der Stickstoffmineralisation führen. Daher könnte vor allem im Winter mehr organisch gebundener Stickstoff zu Ammonium (NH_4^+) abgebaut und anschließend zu Nitrat (NO_3^-) oxidiert werden. Da der zusätzlich freigesetzte Stickstoff aufgrund der winterlichen Vegetationsruhe nicht durch die Vegetation aufgenommen werden kann, kommt es zu einer verstärkten Anreicherung des Stickstoffs im Oberboden.
- Aufgrund der Zunahme der Winterniederschläge und Starkregentage sowie der daraus resultierenden zunehmenden Sickerwasserraten steigt gleichzeitig das Auswaschungsrisiko für nicht sorbierbare Stoffe, insbesondere Nitrat, und damit das Belastungsrisiko von Grund- und Oberflächengewässern. Dies gilt vor allem für sandige Böden mit einer

hohen Wasserdurchlässigkeit. Bei sehr dichten Böden (z. B. Marschböden), die leicht zu Staunässe neigen, kann sich dagegen unter den vorherrschenden anaeroben Bedingungen die Denitrifikation erhöhen, was zwar zu einer Verringerung der Austräge mit dem Sickerwasser führt, jedoch den Austrag in die Atmosphäre erhöht. Daraus ergibt sich die Gefahr einer selbstverstärkenden Rückkopplung, wenn zusätzlich freigesetztes Lachgas (N_2O) als klimawirksames Gas den Treibhauseffekt verstärkt (Wesolek et al. 2003).

Bodenumusgehalt

Einer infolge des Klimawandels erhöhten pflanzlichen Nettoprimärproduktion (bedingt durch den Temperaturanstieg, die Verlängerung der Vegetationsperiode und erhöhte CO_2 -Konzentrationen in der Atmosphäre) und einem daraus resultierenden vergrößerten Dargebot an zersetzbarer Biomasse steht ein Anstieg der biologischen Destruentenaktivität (bedingt durch den Temperaturanstieg und veränderte Bodenwassergehalte) und damit eine Zunahme der Menge an umgesetzter Biomasse gegenüber. Ob und in welchem Maße der Klimawandel zu einem vermehrten Humusabbau oder zu einer Humusanreicherung führen kann, hängt demnach im Wesentlichen davon ab, inwieweit der erwartete Mehr-Input an Biomasse die erhöhten Abbauraten ausgleichen kann. Insgesamt wird in der Fachdiskussion davon ausgegangen, dass der Klimawandel langfristig eher zu einem Verlust an organischer Substanz führen wird (Böhm 2008; Kropp et al. 2009a). Aufgrund der großen Kohlenstoffvorräte in Böden und aufgrund des Ausmaßes der CO_2 -Flüsse zwischen Boden und Atmosphäre können dabei bereits geringfügige Änderungen des organischen Substanzumsatzes erhebliche Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen und damit auf das zukünftige Klima haben (LABO 2010). Dies gilt in besonderem Maße für Moorböden, da in ihnen sehr große Mengen an Kohlenstoff gespeichert sind, die bei zunehmender sommerlicher Austrocknung der oberen Horizonte verstärkt abgebaut und zu CO_2 umgewandelt werden (s. Kap. 4.6).

Neben der Freisetzung von CO_2 in die Atmosphäre hätte ein Rückgang der Humusgehalte zudem weitreichende Folgen für das Nährstoff- und Wasserspeichungsvermögen von (insbesondere tonarmen) Böden sowie für die Bodenbiodiversität (LBEG 2010). Da die Wasserspeicherkapazität mit steigendem Humusgehalt zunimmt, spielt eine ausreichende organische Substanz besonders für sandige Böden, die aufgrund ihres hohen Grobporenteils nur über ein geringes natürliches Wasserspeichervermögen verfügen, eine wichtige Rolle. Ein klimawandelbedingter Rückgang der Humusgehalte und die damit einhergehende Reduzierung der Wasserspeicherkapazität könnte demnach mit negativen Folgen für die Wasserversorgung der Vegetation und das den Oberflächenabfluss regulierende Retentionsvermögen des Bodens einhergehen. Aufgrund der Funktion von Humus als bedeutender Nährstoffspeicher können bei einer Abnahme des Humusgehaltes außerdem die Sorptionskapazität und damit der Nährstoffvorrat im Boden sinken (Böhm 2008).

Bodenbiodiversität

Der Boden ist Lebensraum für zahlreiche Lebewesen (pflanzliche Organismen, tierische Einzeller und Vielzeller, Bakterien, Pilze), die wiederum eine maßgebliche Rolle für die Erhaltung bzw. Ausprägung der Eigenschaften, ökosystemaren Funktionen und Standortqualitäten von Böden spielen (Nds. MU 2007). So tragen Bodenorganismen zum Abbau und zur Mineralisierung der organischen Substanz (Humusaufbau), zur Durchmischung und Stabilisierung organischer und mineralischer Partikel (Bodenaggregation), zur Bindung atmosphärischen Stickstoffs sowie zu Verwitterungsprozessen und zur Bodenbildung (Pedogenese) bei. Des Weiteren beeinflussen sie zahlreiche Stoffflüsse im Boden und haben eine wichtige Funktion sowohl für die Nährstoffbereitstellung für Pflanzen als auch für den Abbau organischer Schadstoffe (Blum 2007). Der projizierte Temperaturanstieg und die Veränderungen des Niederschlagsregimes werden sich unmittelbar auf Bodentemperatur und -wasserhaushalt und damit auch auf Bodenorganismen auswirken. Es besteht jedoch noch erheblicher Forschungsbedarf hinsichtlich der Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Bodenbiodiversität (LABO 2010; LBEG 2010).

Bodenverdichtung

Infolge starker mechanischer Belastungen (z. B. durch landwirtschaftliche Bearbeitung bzw. Befahrung) kann es zu Schadverdichtungen des Bodens kommen. Die damit einhergehende Verringerung der Wasserleitfähigkeit und Infiltrationskapazität des Bodens kann Staunässe begünstigen und zur Erhöhung des Erosionsrisikos beitragen. Darüber hinaus können sich die Durchwurzelbarkeit und die nutzbare Feldkapazität reduzieren, was sich langfristig negativ auf die Bodenfruchtbarkeit auswirkt (Böhm 2008; LBEG 2010). Grundsätzlich verdichtungsanfällig sind vor allem bindige und schluffreiche Böden bei einer hohen Bodenfeuchtigkeit. In der MPR HB-OL sind daher insbesondere die Marsch- und Auenböden verdichtungsgefährdet. Die Geest weist dagegen aufgrund überwiegend sandiger Bodentypen – mit Ausnahme der Pseudogley-Parabraunerden aus Sandlössen – insgesamt eine geringere Anfälligkeit gegenüber Schadverdichtung auf (LBEG 2010).

Der Klimawandel kann sich über veränderte Niederschlagsverhältnisse direkt auf die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens auswirken. So wird die projizierte Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter und Frühjahr höhere Bodenwassergehalte nach sich ziehen, die bei verdichtungsanfälligen Böden die Stabilität des Bodengefüges herabsetzen und damit das Verdichtungsrisiko erhöhen können. Gerade im Zusammenhang mit einem früheren Beginn der Vegetationsperiode kann dies dazu führen, dass eine vermehrte Bodenbefahrung und -bearbeitung unter weniger günstigen Bedingungen im Frühjahr stattfindet. Andererseits können trockenere Bedingungen im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode zu einer Abnahme von Verässungen und damit zu einer Reduzierung des Verdichtungsrisikos führen (Böhm 2008). Da allerdings infolge der verlängerten Vegetationsperiode mit verbesserten Nutzungspotenzialen (Steigerung der Anzahl von Ernten) zu rechnen ist, kann sich das Verdichtungsrisiko durch mehrfache Bearbeitung im Jahresablauf wiederum erhöhen (LABO 2010). Zudem kann sich auch die Abnahme der Frosttage und die damit verbundene Minderung eines wiederholten Auftauens und Wiedergefrierens des Bodens, das zu dessen Auflockerung beiträgt, negativ auf die Gefügestabilität und das Verdichtungsrisiko auswirken (LABO 2010; LBEG 2010). Auch indirekt kann der Klimawandel die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens verändern. So würde z. B. die mögliche klimawandelbedingte Abnahme des Humusgehaltes oder der biologischen Aktivität zu einer Verringerung der Aggregatstabilität führen und somit Bodenverdichtungen begünstigen (Böhm 2008).

Bodenerosion

Der Abtrag von Bodenmaterial durch Wasser und Wind wird als Bodenerosion bezeichnet. Als besonders anfällig gegenüber Wassererosion gelten Böden mit hohen Schluff- und Feinsandanteilen und einer Hangneigung von über 2%. In der MPR HB-OL sind daher in erster Linie die (nur relativ wenig verbreiteten) Gebiete mit Sandlössdecken in geneigten Lagen gefährdet (LBEG 2010). Als besonders anfällig gegenüber Winderosion gelten sandige Böden mit hohen Mittel- und Feinsandanteilen, die einer raschen oberflächennahen Austrocknung unterliegen (Böhm 2008), sowie trockene Anmoor- und Niedermoorböden (LABO 2010). Demnach weisen weite Teile der Geestgebiete der MPR HB-OL eine hohe Winderosionsgefährdung auf.

Durch die projizierte Zunahme der Winterniederschläge und Starkregentage kann es im Winter zu einer häufigeren Wassersättigung und damit zu einer Überschreitung der Wasseraufnahmekapazität von Böden kommen – mit der Folge, dass der Oberflächenabfluss und damit auch der durch Wassererosion hervorgerufene Bodenabtrag zunimmt (LBEG 2010). Andererseits kann die prognostizierte Abnahme der Schneemenge und Eistage dazu führen, dass sich die Erosionsgefährdung, die durch oberhalb von gefrorenem Boden ablaufendes Schmelz- bzw. Regenwasser hervorgerufen wird, reduziert (Böhm 2008).

Die zu erwartenden längeren sommerlichen Trockenperioden begünstigen die Austrocknung von Oberböden, wodurch sich die Anfälligkeit gegenüber Winderosion erhöht (LBEG 2010). Zudem kann die projizierte leichte Zunahme der maximalen Windgeschwindigkeiten zu einer Erhöhung der Winderosionsgefährdung führen. Mit der verstärkten Austrocknung von Böden ist außerdem

ein Anstieg ihrer Hydrophobizität, d. h. ihres wasserabweisenden Verhaltens, verbunden (Böhm 2008). Hydrophobe Eigenschaften führen zu einer geringeren Infiltration und begünstigen daher den Oberflächenabfluss (Kuhnert 2006), was insbesondere aufgrund der zu erwartenden Zunahme an sommerlichen Starkregenereignissen zu verstärkten Erosionsprozessen führen kann (LBEG 2010).

Weiterhin können sich klimawandelbedingte Veränderungen der Vegetationsbedeckung, der Anbaukulturen (z. B. verstärkter Maisanbau) und der Bodeneigenschaften (z. B. Humusgehalt) auf die Erosionsgefährdung von Böden auswirken (Böhm 2008).

Bodenfunktionen

Die obigen Ausführungen bezüglich der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf Bodenwasserhaushalt, -stoffhaushalt, -humusgehalt, -biodiversität, -verdichtung und -erosion verdeutlichen, dass die Veränderungen der klimatischen Rahmenbedingungen mittel- bis langfristige Auswirkungen auf sämtliche natürliche Bodenfunktionen haben können. So können die Erhöhung der mittleren Temperaturen und die Veränderung der Niederschlagsverteilung zu Veränderungen der Funktionen des Bodens für den Wasser- und Nährstoffhaushalt, die Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungsfunktion sowie die Lebensraumfunktion führen (Kamp et al. 2008; Nds. MUK 2009; LBEG 2010). Insbesondere über die Beeinflussung des Bodenwasserhaushalts sind Auswirkungen auf die Nutzungsfunktionen des Bodens (z. B. als Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen) zu erwarten (UBA 2008; LABO 2010).

Aufgrund der sich ändernden klimatischen Bedingungen besteht zudem die Gefahr, dass die Eigenschaften von schutzwürdigen Böden soweit verändert werden, dass sie ihre besonderen Standorteigenschaften verlieren. So können z. B. Feuchtstandorte und Moore infolge zunehmender Sommertrockenheit stärker austrocknen. Auf der anderen Seite können Trockenstandorte durch zunehmende Winterniederschläge feuchter und damit in ihren besonderen Standorteigenschaften beeinträchtigt werden (s. Kap. 4.6). Es ist jedoch auch eine gegenläufige Entwicklung möglich: Die Auswirkungen des Klimawandels könnten bei einigen Standorten zu einer Verbesserung der Standorteigenschaften (z. B. Erhöhung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit) führen (LBEG 2010).

4.5.2 Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit

Wie stark Böden auf Veränderungen von externen Einflussfaktoren, wie z. B. veränderte klimatische Bedingungen, reagieren, hängt in erster Linie von ihrer natürlichen Anpassungsfähigkeit (Ausgleichsfähigkeit) gegenüber den externen Änderungen ab. Je größer die Fähigkeit eines Bodens ist, die Veränderungen der externen Einflüsse auszugleichen und abzufedern, desto geringer werden voraussichtlich die Veränderungen einzelner Bodeneigenschaften und Bodengefährdungspotenziale sein. Da der Klimawandel aller Voraussicht nach zu einer Zunahme extremer Witterungsverhältnisse mit häufigeren Perioden übermäßiger (sommerlicher) Trockenheit und (winterlicher) Nässe führen wird, kommt im Hinblick auf die natürliche Anpassungsfähigkeit insbesondere dem Wasserspeicherungs- und Infiltrationsvermögen von Böden eine wesentliche Bedeutung zu. Eine Schlüsselrolle spielen zudem der Anteil der organischen Bodensubstanz und die Aktivität des Bodenlebens. Beide Aspekte sind von besonderer Bedeutung für die Mehrheit aller weiteren Bodeneigenschaften und -funktionen (z. B. Nährstoffbereitstellung für Pflanzen, CO₂-Senkenfunktion) und beeinflussen daher auch das Ausmaß der klimawandelbedingten Veränderungen dieser Eigenschaften und Funktionen sowie die daraus resultierenden Bedrohungen des Bodens und der angrenzenden Systeme (z. B. Grund- und Oberflächengewässer, land- und forstwirtschaftliche Nutzungen) (Böhm 2008). Um die natürlichen Bodenfunktionen zu erhalten und deren Anpassungsfähigkeit an klimatische Veränderungen zu sichern, werden vor allem vorsorgende Bodenschutzmaßnahmen an Bedeutung gewinnen (LBEG 2010). Denn nur ein „gesunder“ Boden kann die ihm zugeschriebenen Funktionen weitestgehend erfüllen und dadurch mögliche negative Folgen des Klimawandels abfedern oder ausgleichen sowie mögliche positive Wirkungen gewähren (Böhm 2008).

Anpassungswissen

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden sind trotz immer detaillierterer Erkenntnisse aus der Bodenforschung bisher nicht klar abzusehen. Die Entwicklung und Veränderung von Bodeneigenschaften ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Das Klima wirkt dabei einerseits als direkter Faktor (z. B. über Bodentemperatur und -wasserhaushalt), beeinflusst andererseits aber auch indirekt verschiedene weitere Faktoren, die ebenfalls Einfluss auf die Bodenentwicklung nehmen (z. B. Nettoprimärproduktion, Humusgehalt, biologische Aktivität). In Kulturlandschaften übt zudem der Mensch durch seine Nutzungs- und Bewirtschaftungsweisen einen dominanten Einfluss aus. Aufgrund der vielen und teilweise sehr komplexen Wechselbeziehungen und Rückkopplungsmechanismen des Systems Boden und der bestehenden Unsicherheiten über die Entwicklung des künftigen Klimas können mögliche Auswirkungen bisher weder vollständig quantifiziert noch in ihrer vollen Bandbreite erfasst werden. Daher sind vielfach nur allgemeine qualitative Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels möglich (UBA 2008; Kropp et al. 2009a und 2009b; Nds. MUK 2009; LBEG 2010). Im Rahmen des Forschungsprojektes „BOKLIM – Bodendaten in der Klimaforschung“ soll daher geklärt werden, welche Daten aus dem Bodenmonitoring und aus Bodenzustandserhebungen geeignet sind, um die Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden zu erfassen. Die LABO (2010) sieht des Weiteren insbesondere Forschungsbedarf hinsichtlich der Verfeinerung und Weiterentwicklung von Verfahren und Modellen zur Ermittlung und Bewertung der Quellen- und/oder Senkenfunktion von Böden für Kohlenstoff und klimarelevante Gase, der Bodenerosions- und -verdichtungsgefährdung, des Stoffumsatzes sowie der Humusentwicklung in Böden. Zudem besteht Diskussions- und Forschungsbedarf hinsichtlich der Weiterentwicklung von nachhaltigen und klimaschonenden Landnutzungssystemen und Bewirtschaftungsformen, insbesondere auch bei der Produktion nachwachsender Rohstoffe.

Anpassungsoptionen

Der Schutz von Böden wird durch das **Bundes-Bodenschutzgesetz** (BBodSchG) und die **Landesbodenschutzgesetze** (NBodSchG, BremBodSchG) geregelt. Auffällig ist, dass in den Bodenschutzgesetzen trotz der starken Wechselwirkungen zwischen Böden und Klima weder die Klimaschutzfunktion (CO₂-Senke bzw. -Quelle) noch die Beeinträchtigung von Böden durch mögliche Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen explizit erwähnt werden.

Grundsätzlich tragen alle aktuellen präventiven Strategien und Maßnahmen des Bodenschutzes (z. B. zur Verringerung/Vermeidung von Bodenversauerung, Bodenerosion, schadhafter Bodenverdichtung oder Bodenkontaminationen) zum Erhalt der Pufferkapazität von Böden bei und sind damit geeignete Maßnahmen auch im Hinblick auf eine Anpassung an sich verändernde Klimaverhältnisse (UBA 2008). Durch den Klimawandel werden sich jedoch insbesondere die Schutzanforderungen hinsichtlich der Funktionen von Böden als Kohlenstoff- und Wasserspeicher verstärken, so dass hier weitergehende Maßnahmen erforderlich werden können.

Vor allem der **Erhalt der Kohlenstoffbindung und des Humusgehaltes in Böden** spielt sowohl im Hinblick auf den Klima- und Bodenschutz (Vermeidung der Freisetzung klimarelevanter Gase, Erhaltung und Entwicklung der natürlichen Bodenfunktionen) als auch im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel (Wasserspeichervermögen, Erosionswiderstand) eine wichtige Rolle. Insbesondere hydromorphe Böden (Hoch-/Niedermoore, Auenböden, Gleyen und Marschen) sind hinsichtlich ihrer Kohlenstoffbindung durch eine besondere Empfindlichkeit gegenüber Landnutzungs- und Klimaänderungen gekennzeichnet und bedürfen deshalb spezieller Schutz- und Nutzungsstrategien (LABO 2010). Da in erster Linie Meliorationsmaßnahmen zu Humusabbau und CO₂-Freisetzung führen, besteht der beste Schutz für die Kohlenstoffvorräte von hydromorphen Böden im Erhalt bzw. der Wiederherstellung eines natürlichen Bodenwasserhaushalts (LBEG 2010). Als Schutzstrategien sind daher die Wiedervernässung und Renaturierung von Mooren, die Weiterentwicklung der Moorschutzprogramme und die Vermeidung einer weiteren Entwässerung hydromorpher Böden geeignet (UBA 2008; Kropp et al. 2009a; LABO 2010; LBEG 2010). Angepasste Nutzungsstrategien könnten in der Verbesserung des Landschaftswasserhaushalts und der Förderung des Wasserrückhalts in der Fläche (z. B. durch angepasste Formen der Bodenbearbeitung) sowie in der Entwicklung von Landnutzungs- und Bewirtschaftungsverfahren bestehen, die alternativ zur derzeitigen auf Entwässerung angewiesenen (landwirtschaftlichen)

Nutzung der Moorböden, eine dauerhafte Entwässerung vermeiden. Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des Kohlenstoffbindungs- und Wasserspeicherungspotenzials von Böden besteht in der **Reduzierung des Flächenverbrauchs bzw. Entsiegelung von Flächen**, wodurch die natürlichen Bodenfunktionen nicht zerstört bzw. erhalten oder wiederhergestellt werden können. Insbesondere Böden mit sehr hohem Kohlenstoffspeichervermögen sollten im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren vor Überbauung geschützt werden (LABO 2010).

Da in der MPR HB-OL der Großteil der Böden landwirtschaftlich genutzt wird (ca. 70%), spielen insbesondere **Anpassungsstrategien in der landwirtschaftlichen Bodennutzung** eine wichtige Rolle. Vor dem Hintergrund des Klimawandels gewinnt daher vor allem die in § 17 BBodSchG geforderte Erfüllung und klimawandelangepasste Weiterentwicklung der Grundsätze der „guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft“ an Bedeutung. Grundsätzlich kann den potenziellen negativen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasser- und Stoffhaushalt, den Humusgehalt sowie das Erosions- und Verdichtungsrisiko von Böden seitens der Landwirtschaft durch die Anpassung von Anbaukulturen, Bodenbearbeitungsweisen, Be- und Entwässerungssystemen, Düngepraktiken und -verordnungen sowie die Umsetzung von wasser- und winderosionsmindernden Maßnahmen begegnet werden.

Aufgrund der wichtigen Stellung der Landwirtschaft im Kontext des Bodenschutzes stellt die **Förderung von Agrarumweltmaßnahmen** eines der effektivsten Steuerungsinstrumente zum Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen dar. In Anbetracht der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels sollten Agrarumweltmaßnahmen daher verstärkt auf bodenbezogene Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen (z. B. Ausbau der humusreproduktionsorientierten Kreislaufwirtschaft, verbesserter Schutz und Erhalt von Dauergrünlandflächen als CO₂-Speicher) ausgerichtet werden (LABO 2010).

Laut LABO (2010) können die bereits vorhandenen **Bodenmonitoringprogramme**, wie die Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF), und weitere Inventuren, wie die Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) und die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZE-LW), sowie Dauerfeldversuche grundsätzlich einen nützlichen Beitrag zu einem bodenbezogenen Klimafolgenmonitoring leisten. Gleichwohl ist es erforderlich, die Dauerbeobachtungsprogramme hinsichtlich der Erfordernisse eines auf den Klimawandel bezogenen Bodenmonitorings gezielt weiterzuentwickeln.

Die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen, dass ein nachhaltiger, d. h. am Prinzip der Vorsorge ausgerichteter Umgang mit Böden nicht allein durch die Instrumente des Bodenschutzes (Bodenschutzgesetz, Bodenmonitoring) umgesetzt werden kann, sondern in enger und integraler Abstimmung mit Maßnahmen und Instrumenten benachbarter Sektoren wie Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz und Raumplanung ergänzt werden muss. Nur mit Hilfe der vorhandenen Planungsinstrumente des Wasser-, Naturschutz-, Raumordnungs- und Baurechts kann vorsorgender Bodenschutz umgesetzt werden. Dafür ist es notwendig, dass die fachlichen Vorgaben des Bodenschutzes stärker Eingang in die Abwägungsprozesse dieser Planungsinstrumente finden (Nds. MU 2002). Die dazu erforderlichen bodenkundlichen Informationsgrundlagen sind in Form der **Bodeninformationssysteme** in der MPR HB-OL flächendeckend vorhanden. Die entsprechenden Auswertungsmethoden sind für zahlreiche Planungsbereiche bereits entwickelt und werden für Planungsträger über das Niedersächsische Bodeninformationssystem (NIBIS) jederzeit abrufbar vorgehalten.

Anpassungsbereitschaft

Dem Schutz des Bodens und seiner Funktionsfähigkeit kommt in der Klimafolgenforschung und Klimaanpassungsdebatte erst seit kürzerem eine größere Rolle zu. Nicht zuletzt deshalb ist die Bedeutung des Bodens im Kontext der Diskussionen zum Klimawandel in der breiten Bevölkerung, aber auch bei vielen Entscheidungsträgern (noch) nicht oder nicht hinreichend bewusst. Es gilt daher, die Rolle der Böden im und für den Klimawandel und dessen Folgen stärker hervorzuheben und hinreichend verständlich darzustellen (LABO 2010). Die **Informiertheit und Bewusstseinsbildung der Öffentlichkeit** ist insbesondere deshalb wichtig, weil der Bodenschutz aufgrund der vielfältigen Grundeigentümerstruktur eine gesellschaftliche Aufgabe darstellt, die

nicht nur von den dafür zuständigen Stellen sondern vor allem auch von den (privaten) Grundbesitzern (insbesondere aus dem Bereich der Landwirtschaft) erfüllt werden muss. In Anbetracht des noch wenig ausgeprägten Bewusstseins zum nachhaltigen Umgang mit Böden und der i. d. R. kurz- bis mittelfristigen Bodennutzungs- bzw. -bewirtschaftungsinteressen der Grundeigentümer ist die Bereitschaft zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an die (langfristigen) Auswirkungen des Klimawandels stark davon abhängig, mit welchen Nutzungseinschränkungen bzw. Ertragseinbußen diese einhergehen. Während die Anpassungsbereitschaft bei Maßnahmen, die neben ihrer positiven Wirkung für den Bodenschutz gleichzeitig auch ökonomische Chancen bieten (z. B. effizienterer, an veränderte Klimabedingungen angepasster Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, Anwendung wassersparender Beregnungsverfahren, Anpassung der Anbaukulturen), durchaus vorhanden sein dürfte, ließen sich aufwändigere, mit z. T. tiefgreifenden Nutzungseinschränkungen/-änderungen verbundene Anpassungsmaßnahmen (z. B. Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushalts hydromorpher Böden, flächendeckender Einsatz humusschonender und erosionsmindernder Bodenbearbeitungsweisen und Anbaukulturen) nur schwer umsetzen. Zur Erhöhung der Anpassungsbereitschaft ist es deshalb von Bedeutung, solche Landnutzungskonzepte, Bewirtschaftungsverfahren und Förderprogramme weiterzuentwickeln, die sowohl die Aspekte des klimawandelangepassten Bodenschutzes berücksichtigen als auch eine ausreichende landwirtschaftliche Ertragslage gewährleisten.

4.5.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Sektor „Bodenschutz“ in der MPR HB-OL sind je nach betrachtetem Sensitivitätsaspekt und Bodenart unterschiedlich zu bewerten. Eine Einschätzung erweist sich aufgrund der komplexen Wechselwirkungen und z. T. gegenläufigen Entwicklungstendenzen insgesamt als schwierig. Für den Bereich Bodenwasserhaushalt können die potenziellen Auswirkungen aufgrund der zu erwartenden Zunahme von Wassermangelsituationen im Sommer (Hauptvegetationsperiode), insbesondere für sandige und grundwasserferne Standorte, sowie aufgrund von zunehmender Wasserübersättigung und Staunässe im Winter, insbesondere für Böden mit geringer Wasserdurchlässigkeit, als *mittel bis hoch* eingestuft werden. Im Bereich Bodenstoffhaushalt ist mit einer verstärkten trockenheitsbedingten Einschränkung der Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen im Sommer sowie einem erhöhten Nitratauswaschungsrisiko durch zunehmende Winterniederschläge und Starkregenereignisse zu rechnen. Während die potenziellen Auswirkungen in diesem Bereich für Böden mit hohem Feinsubstratanteil (z. B. Marschen, Auenböden) als *gering* bewertet werden können, sind sie für sandige, gut wasserdurchlässige Standorte als *hoch* einzustufen. Im Bereich Bodenhumusgehalt ist die Gesamtentwicklung relativ unklar, da durch den Klimawandel sowohl Prozesse des Humusabbaus als auch des Humusaufbaus befördert werden können. Für hydromorphen Böden (insbesondere Mooren) ist aufgrund der steigenden Gefahr des Abbaus organischer Substanz und der damit verbundenen CO₂-Emissionen allerdings mit *hohen* potenziellen Auswirkungen zu rechnen. Die potenziellen Auswirkungen im Bereich Bodenbiodiversität sind noch weitestgehend unbekannt und können nicht näher bewertet werden. Die aus der zunehmenden Bodenfeuchtigkeit im Winter und Frühjahr und aus der Abnahme der Frosttage resultierende erhöhte Bodenverdichtungsgefährdung kann insbesondere auf verdichtungsanfälligen und intensiv landwirtschaftlich genutzten Marsch- und Sandlössböden zu *mittleren bis hohen* potenziellen Auswirkungen führen, wohingegen die sandigen Geeststandorte hiervon *gering* betroffen sind. Aufgrund der überwiegend flachen Geländetopographie sind in der MPR HB-OL vergleichsweise *geringe* Auswirkungen durch Wassererosion zu erwarten. Im Bereich der Winderosion ist dagegen zumindest für windexponierte ackerbaulich genutzte Flächen mit *mittleren bis hohen* potenziellen Auswirkungen zu rechnen. Insgesamt lassen sich die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Sektor „Bodenschutz“ als *mittel* einstufen.

Bewertung der Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit: Die natürliche Anpassungsfähigkeit von Böden an veränderte klimatische Bedingungen ist insbesondere vom Bodenzustand abhängig. Während Böden in naturnahem Zustand, mit intakter Wasserspeicherungs-/Infiltrationskapazität und Bodenbiodiversität

sowie ausreichend organischer Bodensubstanz eine gute natürliche Anpassungsfähigkeit aufweisen, ist diese bei stark beeinträchtigten, devastierten oder (teil-) versiegelten Böden eher reduziert. Insgesamt schwankt die natürliche Anpassungsfähigkeit daher in Abhängigkeit vom Bodenzustand zwischen *gering und hoch*.

Anpassungswissen: Aufgrund der vorhandenen Erfahrungen hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen Klima und Böden sind die direkten klimatischen Einflüsse auf Böden (z. B. Trockenheit, Vernässung, Erosion), insbesondere in der Landwirtschaft, seit langem bekannt. Anders verhält es sich mit den zahlreichen klimawandelbedingten indirekten Wirkungen (z. B. auf den Bodestoffhaushalt und -humusgehalt oder die Bodenbiodiversität) sowie mit den potenziellen Auswirkungen der sich im Zuge des Klimawandels verändernden Nutzungsbedingungen. In diesen Bereichen bestehen aufgrund der Komplexität der Wechselbeziehungen und Rückkopplungsmechanismen z. T. noch erhebliche Wissenslücken, die gegenwärtig im Rahmen verschiedener Forschungsaktivitäten abgebaut werden sollen. Insgesamt kann das Anpassungswissen als *mittel* eingestuft werden.

Anpassungsoptionen: Die gesetzlichen Grundlagen des Bodenschutzes (BBodSchG: Bundesbodenschutzgesetz, Landesbodenschutzgesetze) enthalten bislang weder einen expliziten Bezug zur Klimaschutzfunktion von Böden noch zur möglichen Beeinträchtigung von Böden durch die Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen. Nichtsdestotrotz kann der Bodenschutz im Bereich Klimaschutz/Klimaanpassung tätig werden. Da alle aktuellen präventiven Bodenschutzstrategien und -maßnahmen zum Erhalt der Funktionsfähigkeit von Böden beitragen, sind sie grundsätzlich auch im Hinblick auf den Schutz vor bzw. die Anpassung an den Klimawandel als geeignete Maßnahmen anzusehen. Darüber hinaus gibt es weitere Schutz- und Nutzungsstrategien, mit denen insbesondere den klimawandelbedingten Herausforderungen hinsichtlich der Erhaltung bzw. Verbesserung der Wasserspeicherung und Kohlenstoffbindung in Böden begegnet werden kann. In diesem Zusammenhang kommt vor allem der Reduzierung der Bodenversiegelung sowie der Umsetzung einer klimawandelangepassten landwirtschaftlichen Bodennutzung eine hohe Bedeutung zu. Die Förderung von Agrarumweltmaßnahmen stellt eines der effektivsten Steuerungsinstrumente zum Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen dar und könnte mit geringem Aufwand verstärkt auf bodenbezogene Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen ausgerichtet werden. Die bestehenden Bodenmonitoringprogramme und Bodeninformationssysteme können grundsätzlich auch einen nützlichen Beitrag zu einem bodenbezogenen Klimafolgenmonitoring leisten. Neben den bodenschutzrechtlichen Instrumenten bieten zudem Instrumente und Maßnahmen Bodenfunktionen benötigende Sektoren, wie Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz und Raumplanung, Ansatzpunkte zur Umsetzung eines klimawandelangepassten Bodenschutzes. Insgesamt können die Anpassungsoptionen damit als *mittel bis hoch* bewertet werden.

Anpassungsbereitschaft: Da der Bodenschutz aufgrund der vielfältigen Grundeigentümerstruktur eine breite gesellschaftliche Aufgabe darstellt, spielt die Informiertheit und Bewusstseinsbildung der Öffentlichkeit über die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf Böden eine wichtige Rolle. Bislang ist die Bedeutung des Bodens im Kontext des Klimawandels bei den relevanten Akteuren allerdings noch nicht hinreichend bewusst. Die Bereitschaft zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an die Auswirkungen des Klimawandels ist zudem in starkem Maße von den damit verbundenen Nutzungseinschränkungen und Ertragseinbußen abhängig. Während die Anpassungsbereitschaft bei Maßnahmen, die neben ihrer positiven Wirkung für den klimawandelangepassten Bodenschutz gleichzeitig auch ökonomische Chancen bieten, als *hoch* einzuschätzen ist, kann bei aufwändigeren, mit z. T. tiefgreifenden Nutzungseinschränkungen oder -änderungen einhergehenden Maßnahmen von einer *geringen* Anpassungsbereitschaft ausgegangen werden.

Den als *mittel* bzw. *mittel bis hoch* eingestuften Faktoren Anpassungswissen und Anpassungsoptionen stehen eine *geringe bis hohe* natürliche Anpassungsfähigkeit und Anpassungsbereitschaft gegenüber. Insgesamt ist die Anpassungskapazität im Sektor „Bodenschutz“ daher als *mittel* einzuschätzen.

Bewertung der Vulnerabilität

Aus der Kombination der als *mittel* eingestuften potenziellen Auswirkungen des Klimawandels mit der als *mittel* eingeschätzten Anpassungskapazität ergibt sich eine **mittlere** Vulnerabilität des Sektors „Bodenschutz“ in der MPR HB-OL.

4.6 Biodiversität und Naturschutz

Stefan Wittig, Jan Spiekermann

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Handlungsbereich Biodiversität und Naturschutz findet sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte sowie die Kriterien zur Bestimmung der Sensitivität der Lebensraumtypen der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-LRT) dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.6.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

Der Klimawandel stellt den Schutz der Natur und die Erhaltung der Biodiversität auch in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) vor vielfältige Herausforderungen, da es als sicher gilt, dass der Klimawandel ökosystemare Prozesse und Lebensbedingungen für Flora und Fauna erheblich beeinflussen wird (IPCC 2007; Parmesan & Yohe 2003). Neben den schon zu beobachtenden ökologischen Veränderungen wie z. B. Arealverschiebungen von Arten, Zuwanderung von gebietsfremden Arten oder veränderter Produktivität der Vegetation (z. B. Girgert et al. 2008; Handke 2008; Leuschner & Schipka 2004) sind auch Auswirkungen auf geschützte Lebensräume wahrscheinlich (Vohland et al. 2009).

Zu den vorhandenen Beeinträchtigungen der Naturgüter durch Schad- und Nährstoffeintrag, Flächenversiegelung und -zerschneidung kommt der Klimawandel als zusätzlicher Stressfaktor hinzu, was dazu führen kann, dass sich die Veränderungen in den Artbeständen und Lebensräumen sowie der Biodiversitätsverlust beschleunigen (Badeck et al. 2008; Root et al. 2003). Es gibt kaum Hinweise, dass der bereits stattfindende und in den letzten Jahrzehnten durch Landnutzungsintensivierung verursachte Artenschwund durch den Klimawandel gebremst oder durch Neueinwanderungen ausgeglichen wird (BfN 2007). Aufgrund der Verzögerung bzw. Trägheit, mit der viele Tier- und insbesondere Pflanzenarten auf den Klimawandel reagieren können, ist mit einer negativen Bilanz für die gesamte regionale Biodiversität zu rechnen, da sie wird voraussichtlich in vielen Lebensräumen der MPR HB-OL abnehmen wird.

Dieses macht es auch für den Naturschutz notwendig, seine Schutzstrategien zu überprüfen und gegebenenfalls zu modifizieren, um die regionale biologische Vielfalt auch unter Klimawandelbedingungen erhalten zu können (Badeck et al. 2007; Balzer et al. 2007; Ibisch & Kreft 2008; Leuschner & Schipka 2004).

Zusammenfassend sind folgende Sensitivitäten und potenziellen Auswirkungen für den Handlungsbereich Biodiversität und Naturschutz in der MPR HB-OL beobachtbar bzw. möglich:

- Terrestrische und aquatische Ökosysteme und ihre Biozönose reagieren bereits in komplexer Weise auf den Klimawandel (global, deutschlandweit und in der MPR HB-OL). Es sind bereits deutliche Verfrühungen in den phänologischen Hauptjahreszeiten in der Region aufgetreten und weitere Verfrühungen phänologischer Erscheinungen sind zu erwarten (v. a. für den Frühling). Veränderungen sind auch für die Verbreitung von Arten, die Artenzusammensetzung (auch durch Neobiota) und für die Synchronisation ökologischer Beziehungen beobachtbar (Details in Schuchardt et al. 2011). Hier sind klimawandelbedingt hohe potenzielle Auswirkungen zu erwarten.
- Der Klimawandel stellt eine zusätzliche Belastung bzw. ein zusätzlicher Stressfaktor dar, der sich zu den bekannten anthropogenen Belastungen wie Habitatfragmentie-

rung, Eutrophierung, Flächenverbrauch usw. addiert. Die „Verinselung“ von Populationen führt zu genetischer Verarmung und damit zu verminderter Vitalität von Arten. Genetische verarmte Populationen sind wenig plastisch und können sich an veränderte Situationen weniger gut anpassen (CBD 2003, Townsend et al. 2003). Die klimawandelbedingte Artenverluste könnten in den nächsten Jahrzehnten höher sein, als die durch Lebensraumverluste (Harrington et al. 1999, Hughes 2000, Hare 2003, Thomas et al. 2004).

- Neben den potenziellen Auswirkungen auf Artebene, wird der Klimawandel auch Einfluss auf Lebensräume und Schutzgebiete haben (die Analyse erfolgte v. a. anhand der Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie nach Petermann et al. (2007): s. Schuchardt et al. 2011). So sind Feuchtlebensräume besonders durch die abnehmende sommerliche klimatische Wasserbilanz beeinträchtigt. Küsten- und Ästuarlebensräume sind durch die höheren Wasserstände besonders gefährdet: zwar kann ihre Sensitivität als eher niedrig eingeschätzt werden, die starken Vorbelastungen und der fehlende Raum zur Ausbreitung aufgrund der feststehenden Deichlinie bedingen jedoch hohe potenzielle Auswirkungen. Moorlebensräume werden als besonders sensitiv eingeschätzt, Trockenrasen und Heidevegetation weisen hingegen eine vergleichsweise geringere Sensitivität auf. Süßwasserlebensräume werden bereits heute auf vielfältige Weise durch den Klimawandel beeinflusst, z. B. in ihrem Wasserhaushalt oder das Durchmischungsregime; diese Auswirkungen werden klimawandelbedingt voraussichtlich zunehmen (Details in Schuchardt et al. 2011).
- Indirekte Folgen von Landnutzungsänderungen durch Klimaschutz und Klimaanpassung können zumindest in den nächsten Jahren stärkere potenzielle Auswirkungen für den Naturschutz haben, als die direkten Auswirkungen.

Die Artenzusammensetzung und der Artenbestand der Schutzgebiete werden sich aufgrund des beschleunigten Klimawandels verändern, wobei bei größeren Schutzgebieten sich dieser Faktor geringer auswirkt (Kropp et al. 2009a; Vohland et al. 2009). Möglicherweise können dabei gerade solche Arten verschwinden, die Zielarten der Schutzgebietsausweisung sind und heute als robust eingeschätzte Schutzgebiete können zu empfindlichen werden und umgekehrt (Ott et al. 2010; Runge & Wachter 2010). Es werden aber auch Wärme liebende Arten aus dem Süden zuwandern, so dass die Artenvielfalt in einigen geschützten Lebensräumen teilweise zunehmen kann (Schuchardt et al. 2010).

Art- und Lebensraumverluste werden auch deshalb negativ bewertet, da die Folgen für die Biodiversität nicht absehbar sind. Die hohe Bedeutung der Biodiversität und die große Notwendigkeit sie zu schützen, resultiert v. a. aus der Bereitstellung vielfältiger Ökosystemdienstleistungen für die Menschen und ihre Gesellschaften (Korn & Epple 2006; MEA 2005). Hohe Biodiversität gilt dabei als Garant für die Erhaltung der Inanspruchnahmemöglichkeiten der ökosystemaren Leistungen (CBD 2003; IUCN 2010; MEA 2005). Potenzielle Auswirkungen auf die notwendigen Ökosystemdienstleistungen betreffen prinzipiell alle gesellschaftlichen Sektoren und Handlungsbereiche; in der Region sind neben dem Naturschutz v. a. der Küstenschutz, die Tourismuswirtschaft, die Wasserwirtschaft und die Landwirtschaft betroffen. Die potenziellen Auswirkungen durch die klimawandelbedingten Reaktionen von Arten und Lebensräumen sowie die dadurch reduzierte Inanspruchnahme der gesellschaftlich benötigten Ökosystemdienstleistungen können als deutlich negativ eingeschätzt werden.

4.6.2 Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit

Die natürliche Anpassungsfähigkeit der ökologischen Systeme der Region hängt von der Höhe und insbesondere von der Geschwindigkeit der Klimaänderung ab (IPCC 2007). Die natürliche Anpassungsfähigkeit der Arten und Lebensräume der Region ist unterschiedlich (Schuchardt et al. 2010). Für Arten wird angenommen, dass die, die ein hohes Ausbreitungs- und Etablierungspotenzial haben, deren Verbreitungsgrenzen nicht in der MPR HB-OL liegen, die nicht von spezifischen Feuchtigkeits- und/oder Kältebedingungen abhängig sind und deren ökologische Plastizi-

tät als euryök charakterisiert werden kann, eine höhere natürliche Anpassungsfähigkeit haben (Leuschner & Schipka 2004; Petemann et al. 2007; Ruthsatz 1995). Für Lebensräume kann festgestellt werden, dass die, für die eine hohe Sensitivität hergeleitet worden ist und für die daher auch höhere potenzielle Auswirkungen möglich erscheinen (s. Schuchardt et al. 2011), eine vergleichsweise geringere natürliche Anpassungsfähigkeit haben. Für die Bewertung dieser Anpassungsfähigkeit müssen zusätzlich die vorhandenen anthropogenen Belastungen berücksichtigt werden, da hierdurch natürliche Anpassungsprozesse z. T. deutlich beeinträchtigt sind.

Trotz vorhandener Modellierungsmethoden ist die konkrete Bewertung der natürlichen Anpassungsfähigkeit einzelner Arten bisher nur eingeschränkt möglich. Dieses basiert v. a. darauf, dass die tatsächlich realisierbaren Ausbreitungsgeschwindigkeiten, die massiv von anthropogenen Barrieren beeinträchtigt werden, in den Modellen meist nicht berücksichtigt werden können (Leuschner & Schipka 2004; Metzinger & Gerlach 2008). Insgesamt sind die komplexen Wirkungen des Klimawandels nur schwer von den vorhandenen Belastungen und Stressfaktoren zu trennen, so dass Aussagen über die natürliche Anpassungsfähigkeit im Klimawandel für viele Arten noch nicht möglich sind.

Für einzelne Lebensräume – wie auch für Arten – existieren Schwellen- bzw. Grenzwerte, bei deren Überschreitung es zu strukturellen und/oder funktionalen Veränderungen in den Ökosystemen kommen kann, da ihre natürliche Anpassungsfähigkeit (bzw. Widerstandsfähigkeit) überschritten wird (z. B. Bakker et al. 2005; Begon et al. 1998). Wird die natürliche Anpassungsfähigkeit klimawandelbedingt überschritten, wofür es einige Hinweise gibt, so sind negative Konsequenzen auf die Nutzbarkeit der von Ökosystemen bereitgestellten Dienstleistungen (ecosystem services) möglich (Meyerdirks 2008; Wittig et al. 2007b).

Für die regionalen Ökosysteme der Salzmarschen und Deichvorländer hängt die natürliche Anpassungsfähigkeit vom Mitwachs-/Aufwuchsvermögen durch Sedimentation ab. Wenn ausreichend Sediment verfügbar ist, können die Deichvorländer (Pionierzonen und Salzwiesen) bis zu einem gewissen Maße mit einem steigenden Meeresspiegel schritt halten (CPSL 2001; Schuchardt et al. 2010b). Dafür muss das Höhenwachstum durch Sedimentation gleich oder größer als der relative Meeresspiegelanstieg sein. Berücksichtigt man die Anstiegsraten für den mittleren Wasserstand und für das mittlere Tidehochwasser aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien von ca. +6,5 mm/a für das A1B-Emissionsszenario mit einer Spannweite von +3,8 bis +18 mm/a, so können die Watt- und Deichvorlandökosysteme meist mitwachsen, wobei dieses für die oberen Spannweiten nur in wenigen Fällen möglich ist (Details in Schuchardt et al. 2011). Neben einer ausreichenden Sedimentverfügbarkeit ist der Erhalt der Vorlandökosysteme auch von den Möglichkeiten einer Verlagerung landeinwärts z. B. durch rechtzeitige Rückdeichung oder teilweise Öffnung von (Sommer-) Deichen abhängig (Hofstede 1996; Reise et al. 2005; Schirmer et al. 2004).

Über die natürliche Anpassungsfähigkeit weiterer, in der Region vorkommender Lebensräume ist vergleichsweise wenig bekannt. Generell ist es den natürlichen Systemen eher möglich den potenziellen Auswirkungen durch natürliche Anpassung zu begegnen, wenn die unteren Spannweiten der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien für den zukünftigen Klimawandel zugrunde gelegt werden. Für die oberen Spannweiten, die einen deutlich beschleunigten Klimawandel bedeuten, ist anzunehmen, dass die natürliche Anpassungsfähigkeit nicht ausreicht, um mit den Klimaänderungen Schritt zu halten.

Anpassungswissen

Für die Einschätzungen bezüglich des Faktorenkomplexes Anpassungswissen kann zusammenfassend festgestellt werden:

- Das Wissen über den Zusammenhang zwischen Arealverlusten oder -verschiebungen einzelner Arten und Klimaparametern entlang von Klimagradienten ist vergleichsweise gut (dokumentiert z. B. in IPCC 2007; Root et al. 2003; Parmesan & Yohe 2003; Thomas et al. 2004; Walther et al. 2002). Abschätzungen über mögliche zukünftige klimawandelbedingte Veränderungen auf Artebene können teilweise modellgestützt erfolgen (Berry et al. 2002; Metzger et al. 2008).

- Der Wissensstand ist geprägt von einem relativ genauen Verständnis der für einzelne Arten relevanten klimatischen und ökologischen Prozesse. Ein bedeutender Anteil der in Deutschland heimischen Flora und Fauna einschließlich der heute für den Naturschutz besonders bedeutsamen Arten wird starke Veränderungen in Häufigkeit und Verbreitungsareal erfahren (Schröter et al. 2004; Vohland et al. 2009). Die regionalen Klimaprojektionen sind in räumlicher Hinsicht ausreichend detailliert, so dass auf deren Grundlage Sensitivität- und Gefährdungsanalysen für Arten durchgeführt werden können (Leuschner & Schipka 2004). Dennoch liegen detaillierte aut- und populationsökologische Studien zu fast keiner in Deutschland naturschutzfachlich wertvollen Pflanzen- und Tierart vor und das bisherige Wissen zur Wirkung von Klimaänderungen auf die deutsche Flora und Fauna betrifft nur in wenigen Fällen schutzbedürftig Arten (Badeck et al. 2007; Vagts et al. 2000).
- Das Wissen über die Reaktion von Lebensgemeinschaften oder Ökosystemausschnitten auf veränderte Klimaparameter ist gering (Badeck et al. 2007). Die Erforschung der komplexen biotischen Interaktionen zwischen den Organismen eines Ökosystems und den Auswirkungen der Klimaänderungen steht noch am Anfang. Für spezifische Standorte verlässliche Aussagen über zukünftige Zustände der Ökosysteme machen zu können ist daher nur eingeschränkt möglich. Der derzeitige Wissensstand über die zukünftige Ausprägung von Ökosystemen oder Lebensräumen reicht daher nicht aus, um konkrete naturschutzpolitische Handlungsempfehlungen abzuleiten (Leuschner & Schipka 2004).
- Aufgrund der regional unterschiedlichen Auswirkungen des Klimawandels sind Analysen zur Identifikation der regionalen Vulnerabilität für die von Entscheidungsträgern zu treffende Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen im Naturschutz unerlässlich (Europäische Kommission 2009). Das vergleichsweise umfangreich vorliegende Wissen zu rezenten (und historischen) Veränderungen an den Arealgrenzen mitteleuropäischer Pflanzen- und Tierarten kann hierzu herangezogen werden. Es fehlt aber eine Verbindung des Wissens über abgelaufene Arealveränderungen mit Daten zur Aut- und Populationsökologie von Arten (BfN 2010a; Leuschner & Schipka 2004).
- Der Diskurs über Klimaanpassung und Naturschutz ist bisher nur in Anfängen erkennbar und insbesondere noch nicht ausreichend im ehrenamtlichen Naturschutz verankert (Girgert et al. 2008). Kommunikations- und Informationsstrategien sind für den Naturschutz zu entwickeln und zu implementieren, um durch Aufklärung einen Dialog zwischen Öffentlichkeit und Akteuren des Naturschutzes zu initiieren und Akzeptanz von erforderlichen Handlungsoptionen zu verstärken bzw. zu schaffen (BfN 2010a; Ibsch & Kreft 2008; Ott et al. 2010).
- Trotz vieler Forschungsprojekte, sind Lücken im Wissen vorhanden. Aktuelle Forschungsprojekte lassen aber auf ergänzende Erkenntnisse in den nächsten Jahren hoffen.

Insgesamt muss festgestellt werden, dass das bisher vorliegende Wissen für eine detaillierte Gefährdungsanalyse der naturschutzrelevanten Objekte für Deutschland nicht ausreichend ist. Eine systematische Abschätzung der Wirkung von Temperaturerhöhung und Reduktion des Sommerniederschlags auf die Flora und Fauna Deutschlands sowie auf deren Häufigkeit und Verbreitung liegt weder auf Art- noch auf Lebensraumbene vor. Das liegt u. a. daran, dass für den Naturschutz relevante Arten und Lebensräume vergleichsweise wenig betrachtet worden sind und vorhandene Informationen sich nur begrenzt auf die Schutzgüter übertragen lassen. Es kann insgesamt festgehalten werden, dass genug Wissen über potenzielle Auswirkungen für die Ökosysteme vorhanden ist, um Anpassungsbedarf begründen zu können, wobei das Wissen für konkrete naturschutzpolitische Handlungsempfehlungen aber noch vertieft werden muss.

Anpassungsoptionen

Dem Naturschutz stehen zahlreiche Handlungsoptionen bereit, um auch die möglichen negativen Auswirkungen durch klimatische Veränderungen zu verringern (Kropp et al. 2009a; Vohland et al. 2009). Wie bisher können der klassische Arten- und Biotopschutz sowie das Management von Schutzgebieten und Vernetzungskorridoren geeignete Instrumente des Naturschutzes bleiben

(BUND 2009; Hannah et al. 2002). Die veränderten klimatischen Bedingungen erreichen aber hinsichtlich Geschwindigkeit und Höhe eine neue Dimension, so dass vorhandene Konzepte und Strategien des Naturschutzes überprüft und gegebenenfalls angepasst werden müssen. Dabei kann festgestellt werden, dass je statischer die Schutzziele definiert sind, desto größer ist das Risiko, dass sie unter Klimawandelbedingungen nicht erreicht werden können (Badeck et al. 2007; Balzer et al. 2007; Ibisch & Kreft 2008).

Viel versprechende Optionen bzw. Ansätze im Kontext der Klimaanpassung sind insbesondere solche, die in der Lage sind, die natürliche Anpassungsfähigkeit zu unterstützen. Die funktionale Vielfalt ökologischer Systeme und ihre räumliche und zeitliche Heterogenität sind zentrale Faktoren zur Pufferung der Auswirkungen von klimatischen Veränderungen (Holsten 2007; Ibisch & Kreft 2008). Diese Funktionalität anhand geeigneter Anpassungsoptionen zu erhalten, ist daher angesichts der Klimaveränderung noch zentraler als bisher. Hierzu gehören z. B. naturschutzfachliche Maßnahmen und Strategien, die die erforderlichen Arealverlagerungen erleichtern bzw. ermöglichen, der Aufbau eines wirkungsvollen Biotopverbunds, Verringerung der Barrierewirkung von intensiv land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen und von Infrastruktureinrichtungen sowie die Bereitstellung hinreichend großer Entwicklungsflächen (IUCN 2010). Der Naturschutz wird sich verstärkt darum bemühen müssen, die Widerstandsfähigkeit bzw. natürliche Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen und Arten gegenüber dem Klimawandel zu verbessern.

Bewährte Naturschutzinstrumente oder -konzepte müssen künftig konsequenter und großflächiger umgesetzt werden, da der Klimawandel als zusätzlicher Stressfaktor die zum Teil vorhandene hohe Belastungssituation der Ökosysteme verschärfen wird (Möckel & Köck 2009). Anpassungsoptionen sind z. B. Prüfung der schutzgebietsspezifischen Managementmaßnahmen und -ziele, Schutzgebietsausweisungen, Entwicklung alternativer Schutzkonzepte und -ansätze, Monitoringprogramme sowie Biodiversitätsmanagement (Jope & Dunstan 1996; Korn & Eppele 2006; Kropp et al. 2009a). Bestehende rechtliche Instrumente des Naturschutzes sind das Bundesnaturschutzgesetz, die Instrumente der Landschaftsplanung, die naturschutzrechtliche Eingriffsregelungen, die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie und das Natur 2000-Schutzgebietssystem, Agrarumweltprogramme und die Wasserrahmenrichtlinie (s. Kap. 4.11). Diese Instrumente könnten auch teilweise geeignet sein, die klimawandelbedingten negativen Auswirkungen abzumildern. Allerdings sind für sie zum Teil beim Umgang mit den klimawandelbedingten Herausforderungen fachliche, verfahrens- und gesetzestechnische sowie organisatorische Defizite zu beobachten (BUND 2009; Heiland et al. 2008; Nds. MUK 2009).

Insgesamt kommt es für den Naturschutz im Klimawandel darauf an, an dem breiten Maßnahmenspektrum und vielfältigen Anpassungsoptionen festzuhalten und das Schutzinstrumentarium weiter zielgerichtet zu optimieren (Badeck et al. 2007; Vohland et al. 2009). Das betrifft v. a. die Erhaltung und Entwicklung sowie die weitere Vernetzung von Lebensräumen und Lebensstätten z. B. im Rahmen der Umsetzung des europäischen Schutzgebietssystems Natura 2000, die Optimierung von Lebensraumfunktionen, die Erhöhung der Strukturvielfalt in nicht geschützten Landschaftsteilen sowie den Erhalt und die Entwicklung von naturschutzfachlich wertvollen Feuchtgebieten, Salzmarschen, Fließgewässern und naturnahen Wäldern (s. Schuchardt et al. 2011).

Anpassungsbereitschaft

Die Anpassungsbereitschaft hängt auch davon ab, welche Form der Natur aus welchen Gründen geschützt werden soll. Im Naturschutz gibt es verschiedene Motivationen Natur oder Teile davon zu schützen, die erheblichen Einfluss auf das Schutzobjekt sowie die Auswahl der Schutzmaßnahmen und deren Umsetzungserfolg haben (Ibisch & Kreft 2008). Zwei starke Motivationen sind beispielsweise der Schutz der Natur um ihrer selbst Willen und die Erhaltung von Dienstleistungsfunktionen der Natur für den Menschen.

Für die Anpassungsbereitschaft im Kontext Klimawandel kann aus einer aktuellen BfN-Studie zum Naturbewusstsein (BfN 2010b) gefolgert werden, dass der Schutz der Natur um ihrer selbst Willen weniger im Vordergrund steht, als die abschöpfbaren Leistungen für den Menschen. Die Bereitschaft für ungestörte, Dynamik zulassende Naturentwicklung, die im Rahmen der Klimaanpassung als sinnvoll angesehen wird, ist somit als eher niedrig einzustufen. Vielmehr wird

scheinbar eher die Erhaltung struktureller Elemente und Charakteristika bevorzugt, die mit Traditionen des Landschaftserleben verbunden werden. Insofern stehen v. a. die Funktionen für Erholung und Landschaftserleben im Vordergrund der Schutzbereitschaft, die zu konservieren seien und womit wenig Spielraum für die Zulassung klimawandelbedingter Dynamik möglich wird.

Die Auswirkungen der Klimaveränderung auf Naturschutzstrategien und -maßnahmen werden in Naturschutzbehörden und -verbänden bisher wenig thematisiert oder diskutiert (Leuschner & Schipka 2004; Zebisch et al. 2005), so dass die Bereitschaft zur Anpassung etablierter Strategien und Konzepte im Naturschutz wenig ausgeprägt ist. Die Anpassungsbereitschaft ist zusätzlich auch deshalb vergleichsweise niedrig, da die komplexen Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Artverlust teilweise unbekannt sind und hohe Unsicherheiten im Umgang mit dem Wegfall naturschutzfachlicher Zielarten und dem Auftreten von Neobiota bestehen (BUND 2009).

Abschließend muss betont werden, dass der Schutz von Natur und Landschaft auch die natürlichen Lebensgrundlagen für die Menschen schützt (MEA 2005). Deshalb sollte das Engagement aller hoch sein, diese Grundlagen vor weiterer Beeinträchtigung und Zerstörung durch Klimawandel und Klimaanpassung zu bewahren. Diese Bereitschaft vorausgesetzt, dürfte die Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel zur Verhinderung weiterer Funktionsverluste der natürlichen Systeme eine zu bewältigende Aufgabe sein (Möckel & Köck 2009). Trotzdem erfordert die Anpassung an den Klimawandel als erstes eine allgemeine Verbesserung des Naturzustandes durch konsequentere Anwendung naturschutzfachlicher Instrumente, da hierdurch die Widerstandsfähigkeit bzw. natürliche Anpassungsfähigkeit der Schutzgüter gegenüber klimatischen Veränderungen erhöht werden kann.

4.6.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Die Höhe der klimawandelbedingten potenziellen Auswirkungen im Handlungsbereich „Biodiversität und Naturschutz“ hängen zum einen von der regionalen Sensitivität der Arten und Lebensräume ab. Zum anderen aber auch von der Eignung der Schutzziele in den Schutzgebietsverordnungen und ihrer Umsetzung in Entwicklungs- und Managementplänen unter Bedingungen eines beschleunigten Klimawandels. Der Klimawandel stellt den Schutz der Natur und die Erhaltung der Biodiversität auch in der MPR HB-OL vor vielfältige Herausforderungen, da er sehr wahrscheinlich ökosystemare Prozesse und Lebensbedingungen für Flora und Fauna erheblich beeinflussen wird. Von den beobachtbaren ökologischen Veränderungen wie z. B. Arealverschiebungen von Arten, Zuwanderung von gebietsfremden Arten oder Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten sind auch die geschützten Lebensräume betroffen. Da der Klimawandel als zusätzlicher Stressfaktor zu den vorhandenen anthropogenen Beeinträchtigungen der Naturgüter hinzukommt und sich dadurch die Veränderungen in den Artbeständen und Lebensräumen sowie der Biodiversität beschleunigen können, ist von **mittel bis hohen** potenziellen Auswirkungen auszugehen.

Bewertung der Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit: Die natürliche Anpassungsfähigkeit ist aufgrund der hohen Vorbelastung der Ökosysteme durch vielfältige menschliche Einflüsse in weiten Teilen begrenzt. Ökosysteme sind im Allgemeinen widerstandfähiger bzw. anpassungsfähiger gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels, wenn sie sich in einem „gesunden“ Zustand befinden. Durch die große Geschwindigkeit der Klimaveränderungen und den schon stark eingegengten Entfaltungsmöglichkeiten der Natur kann die natürliche Anpassungsfähigkeit vieler Arten überschritten werden. Es ist daher davon auszugehen, dass die Arten der Region sich nur zum Teil auf natürliche Weise den beschleunigten Klimaänderungen anpassen können und es daher zu Ökosystemveränderungen kommen wird. Die natürliche Anpassungsfähigkeit wird daher als **mittel** eingeschätzt.

Anpassungswissen: Insgesamt ist das bisher vorliegende Wissen für eine detaillierte und kleinräumige Gefährdungs- bzw. Vulnerabilitätsanalyse der naturschutzrelevanten Arten oder Lebens-

räume für die MPR HB-OL nicht ausreichend. Es ist zwar für eine Begründung von Anpassungsbedarf vielfältiges Wissen über die potenziellen Auswirkungen vorhanden, für konkrete naturschutzpolitische Handlungsempfehlungen muss es aber als noch nicht ausreichend beurteilt werden. Da eine systematische Abschätzung der Wirkung des Klimawandels auf die Flora und Fauna sowie die Eignung der Schutzziele des Naturschutzes unter Klimawandelbedingungen nur in Teilen vorliegt, wird das Anpassungswissen als *gering bis mittel* eingeschätzt.

Anpassungsoptionen: Dem Naturschutz stehen zahlreiche Handlungsoptionen und Instrumente wie der Arten- und Biotopschutz sowie das Management von Schutzgebieten und Vernetzungskorridoren zur Verfügung, die auch geeignet sein können, die negativen Auswirkungen durch klimatische Veränderungen zu verringern. Die veränderten klimatischen Bedingungen erreichen aber hinsichtlich Geschwindigkeit und Höhe eine neue Dimension, so dass die vorhandene Konzepte und Strategien des Naturschutzes für ihre Eignung unter Klimawandelbedingungen überprüft und gegebenenfalls angepasst werden müssen. Für den Naturschutz im Klimawandel kommt es also darauf an, an dem breiten Maßnahmenspektrum und den vielfältigen Handlungsoptionen festzuhalten, bewährte Instrumente und Strategien konsequent umzusetzen und das Schutzmanagement weiter zielgerichtet zu optimieren. Da ein Festhalten am Status quo unter den Bedingungen des Klimawandels wenig erfolgreich erscheint und die Umsetzung der bestehenden rechtlichen Instrumente eine Reihe von Defiziten aufweisen, wohingegen Prozessschutz und Zulassung dynamische Entwicklungen in Ökosystemen zum Umgang mit den Klimawirkungen wesentlich besser geeignet erscheinen, welches bisher allerdings nur z. T. prioritäre Strategie bzw. Schutzziel ist (z. B. Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer), werden die Anpassungsoptionen nur als *mittel* bewertet.

Anpassungsbereitschaft: Da die Auswirkungen der Klimaveränderung auf Naturschutzstrategien und -maßnahmen in Naturschutzbehörden und -verbänden bisher eher wenig thematisiert oder diskutiert werden, ist die Bereitschaft zur Anpassung etablierter oder der Entwicklung neuer Strategien und Konzepte im Naturschutz gering. Zusätzlich ist die Anpassungsbereitschaft auch deshalb vergleichsweise niedrig, da die komplexen Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Artverlust teilweise unbekannt sind und der Umgang mit einem möglichen Wegfall naturschutzfachlicher Zielarten und dem Auftreten von Neobiota eine neue zusätzliche Herausforderung darstellt. Weiterhin steht auch der Schutz der Natur um ihrer selbst Willen weniger im Vordergrund des Naturbewusstseins der Bevölkerung, als die abschöpfbaren Leistungen für den Menschen und die Bereitschaft für ungestörte, Dynamik zulassende Naturentwicklung, die im Rahmen der Klimaanpassung als sinnvoll angesehen wird, ist eher niedrig einzustufen. Daher wird die Anpassungsbereitschaft als *gering bis mittel* bewertet.

Die als *mittel* eingestufteten Faktoren bzw. Faktorenkomplexe natürliche Anpassungsfähigkeit und Anpassungsoptionen werden durch die *geringe bis mittel* bewerteten Faktoren Anpassungswissen und Anpassungsbereitschaft ergänzt. Insgesamt ist die Anpassungskapazität im Handlungsbereich „Biodiversität und Naturschutz“ daher als *mittel* einzuschätzen.

Bewertung der Vulnerabilität

Die Gesamteinschätzung der Vulnerabilität im Handlungsbereich „Biodiversität und Naturschutz“ ist insofern nicht einfach, da sie neben der Sensitivität und natürlichen Anpassungsfähigkeit der Arten im hohen Maß von den Schutzzielen und -wünschen abhängt. Setzt man den Erhalt des Status quo für die Arten- und Lebensraumausprägung sowie für die Biodiversität als Zielmaßstab für erfolgreiche Klimaanpassung an, so wird selbst eine hohe gesellschaftliche Anpassungskapazität die potenziellen Auswirkungen nicht bewältigen können und muss die Vulnerabilität daher als hoch eingeschätzt werden. Da die mit dem anthropogenen Klimawandel verbundenen Prozesse die natürliche Anpassungsfähigkeit nicht aller natürlichen Systeme übersteigen – insbesondere für die Werte der unteren Spannweiten der Klimaänderungen – und eine gesellschaftliche Bereitschaft veränderte Artenzusammensetzung zu akzeptieren wenigstens teilweise beobachtet werden kann, wird die Vulnerabilität insgesamt als *mittel bis hoch* eingeschätzt (*mittel bis hohe* potenzielle Auswirkungen und *mittlere* Anpassungskapazität). Allerdings bedarf die Reduktion auf eine mittlere Vulnerabilität die konsequente Nutzung der dem Naturschutz zur Verfügung stehenden Anpassungsoptionen und zusätzlich eine besondere staatliche und gesell-

schaftliche Unterstützung, um auch die „konventionelle“, zum Klimawandel hinzukommenden Belastungen wie z. B. Intensivierung der Landnutzung, Zerschneidung von Lebensräumen, Raubbau an den natürlichen Ressourcen, Einführung invasiver Arten und Umweltverschmutzung zu verringern.

Die VA hat verdeutlicht, dass der Klimawandel vielfältige potenzielle Auswirkungen auf die Arten und Lebensräume der MPR HB-OL haben wird, die von komplexen Wechselwirkungen zwischen natürlichen Systemen, Biodiversitäts- und Naturschutz sowie gesellschaftlichen Entwicklungen überlagert werden. So ist der Klimawandel eine Ursache für den Verlust biologischer Vielfalt, welcher wiederum den Klimawandel beschleunigen kann, zum Beispiel über den Rückgang intakter Moore und Primärwälder, welche in ihrer Senkenfunktion für Treibhausgase beeinträchtigt werden können (EEA 2009; Hartje et al. 2003). Weiterhin kann es dazu kommen, dass die Veränderungen in der Landnutzung durch Klimaschutz (z. B. Bioenergiepflanzen) und Klimaanpassung (z. B. Deichbau) als indirekte Folge der Klimaänderung zumindest in den nächsten Jahren deutlichere Auswirkungen auf Arten und Lebensräume sowie Biodiversität haben können, als die direkten klimawandelbedingten Auswirkungen durch die Veränderung der Klimaparameter. Zusätzlich ist auch deutlich geworden, dass es eine enge Verbindung zwischen Biodiversität, Funktionsfähigkeit der Ökosysteme und dem Erhalt der ökosystemaren Dienstleistungen gibt. Daher reduzieren solche Anpassungsmaßnahmen, die zum Erhalt der Anpassungsfähigkeit der Arten beitragen und die Vulnerabilität der natürlichen Systeme reduzieren, auch die Vulnerabilität der gesellschaftlichen Bereiche, die von der Inanspruchnahme ökosystemarer Dienstleistungen abhängen.

4.7 Ernährungswirtschaft

Marion Akamp, Marina Beermann, Michael Mesterharm, Reinhard Pfriem, Hedda Schattke

Die folgenden Bewertungen der Vulnerabilität ausgewählter Wertschöpfungsketten stellen eine überblicksartige Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse dar, die im Rahmen der vulnerabilitätsbezogenen Wertschöpfungskettenanalyse (VWSKA: s. Akamp et al. 2010) für die Ernährungswirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg vorgenommen wurde (vgl. a. Akamp & Schattke 2011; Beermann 2011a; Mesterharm 2011).

Die Vulnerabilitätsanalyse im Cluster Ernährungswirtschaft besteht aus einem Forschungsdesign, welches neben einer umfassenden Literaturrecherche für alle untersuchten Wertschöpfungsketten die Einbindung von Praxispartnern (**partizipativer Ansatz**) für die Geflügel-, Schweinefleisch- und Fischwirtschaft und Experten-Workshops für die Geflügel-, Schweinefleisch- und Milchwirtschaft umfasst. Die hier vorgestellten Ergebnisse entstammen der **vulnerabilitätsbezogenen Wertschöpfungskettenanalyse** auf der Branchen- bzw. Meso-Ebene¹⁰. In der Vulnerabilitätsanalyse ist nach den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette unterschieden worden: (1) Vorproduktion, (2) Produktion, (3) Weiterverarbeitung und Logistik sowie (4) Handel und Konsum.

Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter (s. Kap. 3) aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.7.1 Wertschöpfungskette Milchwirtschaft

Die Milchwirtschaft hat durch den hohen Anteil lokaler Futtermittelerzeugung, die Betriebsgröße der Milchbauern und die Existenz großer Molkereien eine wichtige Bedeutung für die Metropolregion Bremen-Oldenburg: In den Landkreisen Friesland, Wesermarsch und Cuxhaven sind mit durchschnittlich 120 bis 130 Rindern pro Betrieb die größten Betriebseinheiten in Niedersachsen angesiedelt und mit dem Deutschen Milchkontor (ehemals Nordmilch AG) hat der größte deutsche Milchverarbeiter seinen Sitz nahe der Metropolregion. Auswirkungen des Klimawandels auf diese Wertschöpfungskette haben daher eine unmittelbare Wirkung auf die Metropolregion.

¹⁰ Die Wertschöpfungskette bzw. das -netzwerk kann aus der Sicht eines Unternehmens (Mikro-Ebene), aus der Sicht einer Branche bzw. eines Teilssektors (Meso-Ebene) oder aus der Sicht eines gesamten Sektors (Makro-Ebene) betrachtet werden.

Auf der Stufe der **Vorproduktion** lassen sich zusammenfassend eher positive **Auswirkungen** von mittlerer Ausprägung durch den Klimawandel erkennen: Lokal erzeugte Futtermittel wie Gras und Mais können bei moderaten klimatischen Veränderungen (Temperatur, Niederschlag; bei Gras auch CO₂-Düngewirkung) positive Wachstumseffekte erzielen, denen eher geringe negative Effekte durch Trockenheitsperioden (ab 2050) gegenüberstehen. Da über 50% der verwendeten Futtermittel aus Gras- und Maissorten besteht, ist dies ein Vorteil für die Milchwirtschaft. Allerdings kann bei einer Zunahme von Monokulturen im Maisanbau (auch durch Flächenkonkurrenz infolge von Bioenergieerzeugung) ein wärmeres Klima zu einer erhöhten Gefahr durch Insektenbefall führen. Wenngleich in geringerem Maße als in der Fleischerzeugung stellt das Mischfutter (insbesondere durch den Soja-Anteil) einen Unsicherheitsfaktor dar, da Preis und Verfügbarkeit durch globalen Einkauf und eine zunehmende Begrenzung Gentechnik freier Ausgangsstoffe deutlich schwanken können. Die **Anpassungskapazität** auf der Stufe der Vorproduktion wird als mittel bis hoch eingeschätzt: Eine relativ hohe natürliche Anpassungsfähigkeit auf Seiten der Futtermittelsorten Gras und Mais aber auch des Bodens wird ergänzt durch ein umfangreiches Wissen im Bereich des klassischen Pflanzenbaus und der Technik. Spezifisches Wissen zu klimawandelbezogenen Kombinationswirkungen ist jedoch eingeschränkt. Stark eingeschränkt sind auch die finanziellen Handlungsspielräume seitens der Landwirte durch den erheblichen Strukturwandel. Daher kann – trotz der Anpassungsmöglichkeiten - insgesamt von keiner hohen Anpassungskapazität gesprochen werden. Zusammenfassend schätzen wir den Grad der **Vulnerabilität** auf der Stufe Vorproduktion als eher **gering** ein.

Die **Milcherzeugung** erfolgt in der Metropolregion überwiegend in bäuerlichen Betrieben. Sie ist bisher mit der lokalen Grünlandbewirtschaftung verkoppelt, so dass eine geringere Abhängigkeit von internationalen Futtermittelimporten vorliegt als in der Fleischerzeugung (s. Kap. 4.7.2). Die potenziellen **Auswirkungen** durch den Klimawandel lassen eher geringe bis mittlere negative Effekte auf die Milcherzeugung erkennen, die vornehmlich aus dem negativen Einfluss steigender Temperaturen auf die Milchviehhaltung resultieren. Sowohl die Milchleistung (Menge und Qualität) als auch die Gesundheit der einseitig auf Produktivität gezüchteten Rinder kann durch erhöhte Temperaturen beeinträchtigt werden. Durch die Weide- und Offenstallhaltung lassen sich Temperaturschwankungen und Verbreitung von Krankheiten jedoch nur schwer steuern, so dass Milchbauern, die entsprechend sensitive Rassen einsetzen, Nachteile zu erwarten haben. Ein zunehmender Klimawandel könnte ferner den öffentlichen Druck auf die Milcherzeuger zur Senkung von Treibhausgasemissionen (Methan) erhöhen und damit zu einer stärkeren Regulierung führen. Eine stärkere Regulierung könnte auch im Bereich der Tiergesundheit/Hygiene erfolgen. Die **Anpassungskapazität** auf der Stufe der Milcherzeugung schätzen wir als eher gering ein. Die natürliche Anpassungsfähigkeit der in der Metropolregion verbreiteten und vornehmlich auf Milchleistung gezüchteten „Holsteiner“ Rinderrasse gegenüber Klimaänderungen im Freiland kann als stark begrenzt angesehen werden. Zwar liegt – insbesondere in Niedersachsen – ein umfangreiches Wissen zu Produktionstechnologie, zu Infrastruktur und zur Züchtung von Rindern vor, dennoch erscheint die Bereitschaft eher gering zu sein, die vorherrschende stark produktivitätsorientierte Rinderrasse gegen eher robustere, aber weniger leistungsfähige auszutauschen oder in der Züchtung robustere Eigenschaften zu präferieren. Angesichts des zunehmenden Produktivitäts- und Marktdrucks erscheint daher eher eine Abkehr von der Weide- und Offenstallhaltung als eine Veränderung der Rindereigenschaften wahrscheinlich. Durch den Klimawandel entsteht daher ein weiter zunehmender Konflikt zwischen steigender Technisierung und der Naturnähe der Milchwirtschaft.¹¹ Für viele Milchbauern ist durch den gravierenden Markt- und Produktivitätsdruck zudem der finanzielle Spielraum für Investitionen in Anpassungsmaßnahmen stark begrenzt. Eine Anpassung an veränderte (auch klimatische) Rahmenbedingungen könnte daher den bereits vorhandenen Strukturwandel zu einer industriellen Milcherzeugung beschleunigen. Zusammenfassend ist der Grad der **Vulnerabilität** auf der Stufe Milcherzeugung (Produktion) tendenziell als **mittel** einzustufen.

Zur Stufe der **Milchverarbeitung** werden sowohl logistische Prozesse wie der Transport und die Lagerung von Rohmilch als auch die in den Molkereien stattfindende Milchbearbeitung und deren Vermarktung gegenüber dem Handel gezählt. In der Metropolregion bestimmen genossenschaft-

¹¹ Der zunehmende Konflikt in der Milchwirtschaft wird auch an der Entstehung eigener Interessenvertreter wie dem Bund Deutscher Milchbauern (BDM) erkennbar.

liche Molkereien die Milchverarbeitung: Sowohl der deutsche Marktführer unter den Molkereien, das Deutsche Milchkontor, als auch die Milchwerke Ammerland sind in der Region ansässig. Hinsichtlich der **potenziellen Auswirkungen** des Klimawandels ist es erforderlich, zwischen der Lagerung/Milchverarbeitung und der Vermarktung zu unterscheiden: Während im Zuge der Lagerung und Milchverarbeitung zunehmende Temperaturen einen erhöhten Bedarf an Kühlung und Hygiene verursachen und damit zu eher (geringen) negativen Auswirkungen führen, lassen sich in der Milchvermarktung (mittlere) positive Effekte durch den (globalen) Klimawandel erkennen, da für die Molkereien in der Metropolregion relative Wettbewerbsvorteile auf Märkten mit stärkeren Auswirkungen des Klimawandels entstehen können. Ein Ausschöpfen dieser möglichen Vorteile könnte jedoch zu einer weiteren Intensivierung der Milcherzeugung führen. Für die Versicherung von Betriebsstätten können häufigere Extremwetterereignisse – auch in anderen Regionen – zu steigenden Versicherungsprämien führen. Die **Anpassungskapazität** auf der Stufe der Milchverarbeitung schätzen wir für beide Bereiche als jeweils eher mittel ein: Im Bereich der Lagerung/Milchverarbeitung ist ein gutes technisches Wissen zu Kühlung, Hygiene und Wassereffizienz mit steigenden Kosten und damit geringerer Anpassungsbereitschaft verknüpft. Im Bereich der Vermarktung besteht für exportorientierte Unternehmen wie dem Deutschen Milchkontor durch den globalen Klimawandel zwar die Möglichkeit, internationale Märkte stärker zu bearbeiten, allerdings werden die damit verbundenen Chancen und Risiken für die Metropolregion bisher nicht erkennbar thematisiert. Zusammenfassend kann der Grad der **Vulnerabilität** auf der Stufe der Milchverarbeitung als eher **gering** eingestuft werden.

Zum **Handel und Konsum** zählen insbesondere der Großhandel, der Lebensmitteleinzelhandel (LEH), Logistikunternehmen und der Konsum durch Groß- und Endverbraucher. Eine herausragende Rolle nicht nur in der Milchwirtschaft besitzt der LEH, der durch seine Einkaufsmacht die Wertschöpfungskette Milch steuert, ohne sie indessen zu koordinieren. Der LEH besitzt daher die Fähigkeit, Maßnahmen (z. B. auch zur Anpassung) in der Wertschöpfungskette durchzusetzen. Hinsichtlich der **potenziellen Auswirkungen** kann von eher geringen negativen Effekten ausgegangen werden: Im Bereich des Handels können diese durch einen erhöhten Kühlbedarf in Lagerung und Logistik und durch mögliche Preisschwankungen infolge regionaler und überregionaler Verfügbarkeits- und Qualitätsrisiken entstehen. Im Bereich des Konsums wird bei erhöhten Temperaturen eine insgesamt geringere Konsumneigung unterstellt, während die Nachfrage nach Frischeprodukten wie Obst und Gemüse hingegen ansteigt. Eine verstärkte öffentliche Debatte über einen zunehmenden Klimawandel könnte ferner die bisher eher geringe Zahlungsbereitschaft der Konsumenten für Lebensmittel erhöhen. Die **Anpassungskapazität** auf der Stufe des Handels schätzen wir als eher mittel bis hoch ein: Durch die hohe Flexibilität in der globalen Beschaffung und in der Substitution von Produkten werden mögliche negative Auswirkungen durch Engpässe bei einzelnen Produkten begrenzt. Als zentraler Akteur der Wertschöpfungskette kann der Handel seine Anpassungskapazität ggf. auch auf Kosten vorgelagerter Stufen der Kette erhöhen. Damit kann er sich möglichen Klimawirkungen auf die Kette entziehen, obwohl er zur Sensitivität der Kette erheblich beiträgt. Die Anpassungskapazität der Konsumenten ist eher zielgruppenabhängig und kann von gering bis mittel eingeschätzt werden: Es bestehen Zweifel, ob sich die Mehrheit der Konsumenten tatsächlich klimafreundlich verhalten will und erweiterte Produktinformationen z. B. zur Klimawirkung auf Interesse stoßen. Der Preis ist bisher das wesentliche Differenzierungsmerkmal für viele Milchprodukte. Dennoch ist ein kleiner, aber zunehmender Teil der Konsumenten bereit, z. B. für Bioprodukte einen höheren Preis zu zahlen und sich adäquat zu informieren. In Anbetracht eines sinkenden Anteils der Ausgaben für Lebensmittel am Haushaltseinkommen wären durchaus finanzielle Anpassungsspielräume vorhanden, die stärker an die Konsumenten adressiert werden sollten. Klimabezogene Anpassungsmaßnahmen wie der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln, von Medikamenten oder von Gentechnik werden durch Konsumenten abgelehnt, züchterische Maßnahmen hingegen befürwortet. Zusammenfassend schätzen wir den Grad der **Vulnerabilität** auf der Stufe Handel und Konsum als eher **gering** ein (zur Bewertung der gesamten Wertschöpfungskette Milchwirtschaft s. Kap. 6.1).

4.7.2 Wertschöpfungsketten Schweinefleisch- und Geflügelwirtschaft

Die **Vorproduktion** umfasst die Betriebsmittelhersteller für alle nachgelagerten Bereiche der Wertschöpfungskette Schweinefleisch- und Geflügelwirtschaft. Futtermittel bilden in diesem Zusammenhang den Hauptinputstoff. Im Jahr 2007 stellten sie bspw. 41,7% der gesamten landwirt-

schaftlichen Vorleistungen dar. Neben dem regionalen Anbau sind beide Wertschöpfungsketten von Futtermittelimporten und vor allem von Importen der Futtermittelkomponente Soja (Eiweißlieferant) abhängig. Der einzige Unterschied zur Wertschöpfungskette von Schweinefleisch liegt darin, dass in der Geflügelwirtschaft oftmals jede Integration¹² ihr eigenes Futtermittel herstellen lässt und den Vertragsmästern dessen Nutzung vorschreibt. Das Wachstum der Futterpflanzen in der Metropolregion selbst sowie von Soja in den für Europa wichtigen Hauptanbauländern Brasilien, Argentinien und den USA wird von den kontinuierlichen Klimaänderungen direkt vermutlich kaum beeinflusst. Allerdings führen weitere klimawandelbedingte Effekte wie Extremwetterereignisse, Zunahme von Schädlingen und Krankheiten sowie klimainduzierte Flächennutzungskonflikte zu erhöhten Ertrags- und Qualitätsschwankungen des regionalen und globalen Futtermittelanbaus, so dass hier insgesamt **mittlere potenzielle Auswirkungen** erwartet werden. Hingegen werden die potenziellen Auswirkungen auf andere Vorproduktionsbereiche wie z. B. die Versorgung mit Wasser und Energie oder der Maschinen- und Anlagenbau, vermutlich nur geringe Ausmaße annehmen.

In der Metropolregion kann dem Vorleistungsbereich mit seinen Forschungseinrichtungen aufgrund seiner guten Vernetzung auch zwischen den Wertschöpfungskettenakteuren eine **hohe wissensbasierte Kompetenz** zugesprochen werden. Das Vorhandensein **spezifischen Wissens** über den Klimawandel, seine Folgen und Klimaanpassung ist bisher allerdings **fraglich**. Darüber hinaus sind vor allem bezüglich der potenziellen Auswirkungen auf die Sojaerzeugung die **Anpassungsmöglichkeiten** wie bspw. die Nutzung von Substituten oder der eigene Anbau durch derzeitige rechtliche Vorgaben (GMO-Freiheit, Verbot der Fütterung tierischer Nebenprodukte) oder durch unzureichende nationale Anbaubedingungen (klimatische Gegebenheiten) **stark eingeschränkt**. Insgesamt wird die Metropolregion im Bereich der Vorproduktion allerdings als sehr dynamisch eingeschätzt, so dass hier von einer **generellen Anpassungsbereitschaft** für Veränderungen und Innovationen ausgegangen werden kann. Aus diesem Grund kann der Vorproduktion eine **geringe bis mittlere Anpassungskapazität** zugewiesen werden, was mit einer **gering bis mittleren Vulnerabilität** der Vorproduktion einhergeht.

Die **Produktion** zeichnet sich in den Wertschöpfungsketten Schweinefleisch- und Geflügelwirtschaft in einigen der Schwerpunktlandkreise der Metropolregion durch eine Intensivtierhaltung aus, in dessen Rahmen Tierbestände von 500 und mehr Schweinen sowie (weit über) 10 000 Geflügel pro Betrieb gehalten werden. Wesentliche Ansatzpunkte der Sensitivitätsbetrachtung in diesem Bereich stellen das Schwein bzw. das Hähnchen oder die Pute selbst sowie ihre Haltungsform dar. Sowohl in der Literatur als auch in den Experten-Workshops wurde darauf verwiesen, dass das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Tiere von der Temperatur abhängig sind. Die Milchgebeleistung der Sauen, die Gewichtszunahme von Ferkeln, Mastschweinen und Mastgeflügel, aber auch die Stallhygiene und infolgedessen das Auftreten von Seuchen können durch erhöhte Temperaturen beeinflusst werden, in extremen Fällen kann sogar die Mortalität steigen. Die Temperaturzunahme wirkt sich im Geflügelbereich aufgrund der hohen Tierdichte im Stall und durch die Tatsache, dass die Vögel nicht schwitzen und damit die gestiegene Körpertemperatur nicht abgeben können, noch drastischer aus. Der Wasserverbrauch der Tiere wird temperaturbedingt ebenfalls deutlich höher. Letztlich könnte die Wirtschaftlichkeit der Mäster dadurch negativ beeinflusst werden, dass entweder das Mastendgewicht oder durch eine verlängerte Mastzeit die Umtriebe pro Mastplatz sowie die Qualitätsleistungen abnehmen. Weiterhin können hier auch klimainduzierte Preiserhöhungen für Futtermittel oder Verschlechterungen der Futtermittelqualität eintreten. Diese Kostensteigerungen und gesundheitlichen sowie leistungsbezogenen Auswirkungen auf die Tiere sind nach Meinung der befragten Experten von großer Relevanz für die Wettbewerbsfähigkeit der Produktion gegenüber anderen Regionen. Darüber hinaus wurde in den Experten-Workshops die Möglichkeit einer Verschärfung von Klimaschutzvorschriften und anderer Regulierungen als potenzielle Auswirkungen genannt, die die Folge eines zunehmenden Klimawandelbewusstseins sein können. Solche Vorgaben sowie eine schlechte Reputation können vor allem für Regionen mit Intensivtierhaltung starke Einschränkungen und wirtschaftliche Einbußen zur Folge haben. Es ergeben sich folglich für die

¹² Als Integration bezeichnen wir vollständig vertikal integrierte Unternehmen der Geflügelfleischerzeugung. Diese agrarindustriellen Unternehmen fassen einen Großteil der Produktionsstufen unter einem Dach (Veauthier & Windhorst 2008: 69).

Produktion für Schwein **mittlere** und für Geflügel sogar in Richtung **hoch** tendierende **potenzielle Auswirkungen**.

In der intensiven Stallhaltung der Schweinefleisch- und Geflügelwirtschaft stellen das **Wissen um klimaphysiologische Auswirkungen** und kurzfristige technische Möglichkeiten zur Temperatursteuerung und Verbesserung der Stallbedingungen (z. B. zunehmende Lüftung, Beregnung von Dächern, Kühlung des Trinkwassers) eine Grundbedingung für die Produktion dar, und ist daher als **hoch** einzuschätzen. Speziell für den Bereich **Klimaanpassungswissen** lässt sich allerdings **keine Aussage** treffen. Bisherige Erfahrungen im Umgang mit klimatischen Herausforderungen in anderen Regionen könnten erschlossen werden, um einen Wissensaustausch für die Generierung eines regionalen **Anpassungswissens** zu ermöglichen. Viele angeführte **Anpassungsmöglichkeiten** sind technisch durchführbar, jedoch führen wirtschaftliche Faktoren (starker Kostendruck), Investitionsunsicherheiten und die Kurzfristorientierung der angedachten Anpassungsmaßnahmen eher zu einer **mittleren Anpassungsbereitschaft**. Eine weitere, langfristige Anpassungsoption könnte die Züchtung robusterer und regional angepasster Rassen darstellen. Aufgrund der Kosten- und Organisationsintensivität dieser Maßnahme, wird die Bereitschaft unter dem derzeitigen Geschäftsmodell (industrielle Tierhaltung) lediglich als gering betrachtet. Zudem erreichen Rassen, die stärker auf Robustheit und nicht auf Leistung gezüchtet werden, meist auch weniger Gewicht und kämen daher für die hier vorherrschende Hochleistungsproduktion (noch) nicht in Frage. Ein zunehmender Regulierungsdruck verringert zusätzlich die Anpassungsbereitschaft. Dies betrifft insbesondere auch den Sektor Geflügelfleisch, der durch sehr geringe Gewinnspannen geprägt ist. Zusammenfassend kann die **Anpassungskapazität** bei der Wertschöpfungskette Schwein mit **gering bis mittel**, bei Geflügel bedingt durch strukturelle Vorteile mit **mittel bis hoch** bewertet werden. Denn im Bereich der Geflügelwirtschaft herrscht durch die starke Rolle der Integratoren innerhalb der Kette ein enger Wissensaustausch im Bereich der Futtermittel, der Seuchenpräventionen und des Risikomanagements vor. Zudem sind hier gute und schnelle Möglichkeiten zur Anpassung in der Produktion gewährleistet, wenn der Integrator nach Abwägung von Kosten und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen von den zu treffenden Maßnahmen überzeugt ist und diese an die Mäster weitergibt. Daher liegt der **Grad der Vulnerabilität** in der Produktion für die Schweinefleisch- und die Geflügelwirtschaft bei **mittel**.

Im Rahmen des Wertschöpfungskettenbereiches **Weiterverarbeitung** werden neben der Schlachtung und Grobzerlegung der Tiere auch die Feinzerlegung und Verarbeitung zu Schweine- und Geflügelfleischprodukten betrachtet. Da außer dem Transport ein Großteil der Prozesse in einem geschlossenen System abläuft, ist lediglich die Temperatur wesentlich für die Exposition. Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels beziehen sich hier im Wesentlichen auf die Beeinflussung der Qualität des Fleischproduktes sowie die Verarbeitungsprozesse. Die Produktqualität kann zum einen durch Auswirkungen auf den vorgelagerten Stufen (Futtermittelqualität, Mastendgewichte, erhöhter Transportstress) entstehen, zum anderen auch durch eine unsachgemäße Kühlung im Rahmen der Schlacht- und Verarbeitungsabläufe. Darüber hinaus führen steigende Umgebungstemperatur bzw. längere Hitzeperioden dazu, dass hier zur Gewährleistung der entsprechenden Kühltemperatur während der Schlachtung und Verarbeitung mehr Energie aufgebracht werden muss und infolgedessen bei langen warmen bzw. heißen Zeiträumen höhere Energiekosten entstehen. Sowohl die erhöhten Energiekosten, als auch die Qualitätsprobleme können die Wirtschaftlichkeit der Unternehmen für den Bereich Weiterverarbeitung negativ beeinflussen, jedoch werden diese **potenziellen Auswirkungen** als eher **gering** eingeschätzt.

Die modernen Schlacht- und Verarbeitungsunternehmen arbeiten in hygienischer und technischer Hinsicht auf einem sehr hohen Niveau. Hierzu gehört auch das Wissen über die optimale Gestaltung und Kühlung der Transporte und Schlacht- sowie Verarbeitungsprozesse. Auf Basis dieses Wissens stellen **Anpassungsmöglichkeiten** wie die Verlagerung von Transporten in die Nacht oder die verstärkte Kühlung der Prozesse kein Problem dar und können deswegen als **hoch** bezeichnet werden. Aus dem Praxispartner-Workshop wurde des Weiteren deutlich, dass seitens der Unternehmen bereits ein Bewusstsein für mögliche Auswirkungen des zunehmenden Klimawandels auf die Verzehrsgewohnheiten (Verzicht auf täglichen Fleischkonsum, Bevorzugung leichter mediterraner Produkte) oder erforderliche Instrumente der Marktkommunikation (CO₂-Fußabdruck, Ökobilanzen) vorhanden ist. Wie bereits erwähnt, können stufenübergreifende Anpassungsmaßnahmen in der Geflügelwirtschaft besser und schneller als in der Wertschöpfungs-

kette Schwein umgesetzt werden. Die **Anpassungsbereitschaft** beider Ketten kann bisher nur als **mittel** eingeschätzt werden, da diese Stufe sehr stark von der Nachfrage nach klimafreundlichen Produkten abhängig ist. Zusammenfassend lässt sich die **Anpassungskapazität** für beide Wertschöpfungsketten mit **mittel bis hoch** einstufen, wodurch sich eine **geringe Vulnerabilität** für die Weiterverarbeitung ergibt.

Die gerade dargestellte Problematik der zunehmenden Kühlungen setzt sich nun entlang der Kühlkette bis zum **Handel** und zum **Konsumenten** fort. Insgesamt kann die Lieferzuverlässigkeit und Qualität durch regionale klimawandelbedingte Mengen- und Qualitätsschwankungen beeinträchtigt werden. Darüber hinaus können sich als Folge des Klimawandels die Verzehrgegewohnheiten und somit die Nachfrage nach Fleischprodukten verändern. Es ist denkbar, dass eine gesellschaftliche Debatte über den Beitrag der intensiven Fleischproduktion zum Klimawandel entsteht, die zu einem schlechteren Image in der Öffentlichkeit und einer geringeren Nachfrage nach Fleischprodukten führen könnte. Zunehmende Temperaturen könnten des Weiteren zur Bevorzugung einer leichteren, mediterranen Küche beitragen. Während dies für die Wertschöpfungskette Schweinefleisch zu einem Nachfragerückgang führen könnte, könnte die Geflügelwirtschaft von einer zunehmenden Bevorzugung von leichten, fettarmen Gerichten profitieren. Da die Mehrheit der deutschen Konsumenten hinsichtlich ihrer Lebensmittel sehr preisbewusst ist, können klimainduzierte Kostennachteile kaum an sie weitergegeben werden, ohne dabei einen Nachfragerückgang zu riskieren. Die Metropolregion könnte insofern einen relativen Wettbewerbsvorteil ausbauen, da sie als Nettoexporteur trotz des Klimawandels von relativ stabiler Produktion ausgehen kann. Generell ist der LEH in der Lage, mit diesen als **gering** eingeschätzten **potenziellen Auswirkungen** (mit sowohl negativen als auch positiven Folgen für die Produktnachfrage) gut umzugehen.

Erkenntnisse über klimaspezifisches **Anpassungswissen** des LEH und der Konsumenten **existieren kaum**. Durch eine flexible und überregional mögliche Beschaffung ist der LEH nicht nur auf regionale Produkte angewiesen und kann potenzielle Auswirkungen in der Region abpuffern, ohne dabei die Lieferzuverlässigkeit und -qualität vorerst zu beeinflussen. Darüber hinaus besitzt der LEH aufgrund seiner großen Verhandlungsmacht die Fähigkeit, **Anpassungsmaßnahmen** von den vorgelagerten Wertschöpfungskettenakteuren wie z. B. die Einführung von klimabezogenen Labels wie den CO₂-Fußabdruck einzufordern. Die Anpassungsmöglichkeiten können daher als **mittel bis hoch** bewertet werden. Die **Anpassungsbereitschaft** des LEH hängt dabei maßgeblich von der Möglichkeit ab, durch solche Maßnahmen Vorteile am Markt generieren und den klimabezogenen Verbraucherwünschen nachkommen zu können. Die aktuelle Diskussion um den CO₂-Fußabdruck in der Fleischwirtschaft deutet auf ein vorhandenes Klimabewusstsein der Akteure hin. Aus diesem Grund wird die **Anpassungskapazität** der Stufe Handel und Konsum für beide Ketten als **mittel bis hoch** eingeschätzt. Der **Grad der Vulnerabilität** für den Bereich Handel und Konsum kann daher für beide Ketten mit **gering** eingestuft werden.

Werden nun die **Wertschöpfungsketten in ihrer Gesamtheit** betrachtet (s. a. Kap. 6.1), ist festzustellen, dass die vorderen Wertschöpfungskettenbereiche – insbesondere der Futtermittelanbau und die Produktion – stärker von den naturräumlichen Klimaauswirkungen betroffen sind, während diese in Richtung Weiterverarbeitung und Handel/Konsum durch die technischen Steuerungs- und Anpassungsmöglichkeiten abnehmen. Grundsätzlich scheint zur Gewährleistung effektiver Anpassungsmechanismen in den Wertschöpfungsketten Schwein/Geflügel eine **kettenübergreifende Zusammenarbeit** vor dem Hintergrund der vielfältigen, auch indirekten potenziellen Auswirkungen des Klimawandels und der vorherrschenden Machtkonstellationen innerhalb der Kette, notwendig zu sein. Darüber hinaus nehmen aber **sozioökonomische Anpassungstreiber** (gesellschaftliche Erwartungen, Regulierungen, Positionierung im globalen Wettbewerb) eine sehr dominante Bedeutung für Wirtschaftsakteure ein. Letztlich wird die Bereitschaft der Akteure zur (langfristigen) Anpassung an den Klimawandel entscheidend sein. Mögliche Impulse für Veränderungs- und Sensibilisierungsprozesse gehen dabei vom Kunden aus bzw. vom LEH, der als Gatekeeper zwischen Verbrauchern und vorgelagerten Stufen fungiert, und dessen Reaktion bisher noch schwer abzuschätzen ist.

4.7.3 Wertschöpfungskette Fischwirtschaft

Die deutsche Fischwirtschaft ist hochgradig abhängig vom **Import** (87%) aus EU- und Nicht-EU-Ländern. Somit sind neben den regionalen Veränderungen des Klimawandels für die Fischwirtschaft ganz unmittelbar die **globalen klimawandelinduzierten Auswirkungen** auf das marine Ökosystem von Bedeutung. Darüber hinaus ist für die Gewährleistung der Versorgung mit Rohwaren die Betrachtung des marinen Ökosystems als komplexes System mit vielfältigen Wechselbeziehungen und -wirkungen und bisher unerforschten Zusammenhängen von ganz wesentlicher Bedeutung. Nicht zuletzt auch deswegen, weil die internationale Fischwirtschaft durch zunehmende Kommerzialisierung und Globalisierung gekennzeichnet ist. Folglich sind auch Folgen der **Überfischung** zu berücksichtigen. Die Überfischung vieler Fischbestände reduziert deren natürliche Anpassungsfähigkeit (u. a. genetische Vielfalt) und damit die Fähigkeit, zusätzliche klimawandelbedingte Einflüsse abfedern zu können.

Entwicklungen wie diese nehmen unmittelbar Einfluss auf die Zukunftsfähigkeit fischwirtschaftlicher Unternehmen. Wobei die **Abhängigkeit von fischwirtschaftlichen Erzeugnissen** global sehr unterschiedlich strukturiert ist. Während die Metropolregion vorwiegend durch Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und durch einen nur sehr geringen Anteil an Fischereien gekennzeichnet ist, sind aus globaler Perspektive vor allem einkommensschwache küstennahe Bevölkerungsschichten vom z. T. täglichen Fischfang abhängig. Diese sind direkten klimawandelbedingten Auswirkungen besonders ausgesetzt und somit besonders vulnerabel. Dabei muss im Unterschied zu Deutschland berücksichtigt werden, dass für zahlreiche Bevölkerungsschichten aus Entwicklungs- und Schwellenländern Fisch als wichtigste tierische Proteinquelle dient und nur sehr begrenzt durch andere tierische Eiweiße substituiert werden kann. Global gesehen ist somit der Grad der sozialen Vulnerabilität sehr unterschiedlich.

Die Vulnerabilität der einzelnen Stufen der fischwirtschaftlichen Wertschöpfungsketten ist darüber hinaus ebenfalls spezifisch differenziert. So ist die **Fischerei** durch Folgen veränderter Klimaparameter wie einer erhöhten durchschnittlichen **Meerestemperatur**, **Verschärfung der See-gangs- und Windbedingungen** oder einer Veränderung der **Salinität** unmittelbar betroffen. Eine resultierende geographische Verschiebung der Fischbestände kann je nach Fischart positive sowie negative Auswirkungen auf die Fischbestände haben. Es kann also zu sog. regionalen Gewinnern (z. B. Einzug des Wolfsbarschs in die Nordsee) und Verlierern kommen. Schwankungen der Salinität in Nord- und Ostsee können einen Rückgang der Fisch- und Muschelbestände implizieren und somit negativen Einfluss auf die Fangerträge nehmen. Die Möglichkeiten, diesen Veränderungen positiv zu entgegnen, sind begrenzt. Die potentiellen Auswirkungen sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht eindeutig einschätzbar, beinhalten aber langfristige Herausforderungen für die Fischerei, vor allem vor dem Hintergrund weiterer Einflussfaktoren wie der Überfischung und der noch ungewissen Entwicklung der Anforderungen seitens der Nachfrage. Die potentiellen Auswirkungen können somit mit mittel bis hoch eingeschätzt werden. Die **natürliche Anpassungsfähigkeit** ist bedingt durch die Reproduktionsraten und Robustheit einzelner Fischarten, welche u. a. durch die Überfischung bestimmter Fischbestände negativ beeinflusst wird. Darüber hinaus ist das Wissen über die langfristigen Wechselwirkungen auf bestimmte Fischarten noch nicht abschließend bekannt. Die natürliche Anpassungsfähigkeit ist daher bezogen auf die globalen Fischbestände (nicht auf einzelne Fischarten) als gering einzustufen. Das **Anpassungswissen** im Bereich der Fischerei kann als hoch in Bezug auf den Umgang mit Umweltveränderungen allgemein eingestuft werden, als mittel in Bezug auf den Stand der Forschung (jedoch existiert ein hoher Grad an Unsicherheit über Auswirkungen bestimmter Klimaparameter und möglicher Wechselwirkungen) und als niedrig in Bezug auf das Wissen der Praxis über die konkreten Auswirkungen des Klimawandels. **Anpassungsoptionen** sind begrenzt durch die ökonomischen Rahmenbedingungen industrialisierter Fischereien. Hilborn (2003) stellt diesbezüglich fest: „Many industrialized fisheries suffer from over-investment and surplus fishing capacity making it economically and politically difficult to scale back fishing to match biological productivity.“ Eine Diversifizierung der Zielarten ist zum einen abhängig von der Verfügbarkeit und dem Bestandszustand der jeweiligen Art und setzt zum anderen das Vorhandensein entsprechender Verarbeitungskapazitäten und Vermarktungswege voraus. Die Freiheitsgrade der Fischerei sind darüber hinaus bedingt durch internationale Abkommen und durch die Europäische Fischereipolitik. Durch die hohe Importquote der Fischwirtschaft gilt es zu berücksichtigen, dass auch Anpassungsmaß-

nahmen, die nicht direkt in der Region, sondern bei den Zulieferern stattfinden, die Versorgungssicherheit und damit auch die ökonomische Existenz der fischwirtschaftlichen Unternehmen der Metropolregion sichern können. Insgesamt kann konstatiert werden, dass die Handlungsspielräume wesentlich von sozioökonomischen Faktoren abhängig sind. Insgesamt können die Anpassungsmöglichkeiten als mittel eingestuft werden. Die **Anpassungsbereitschaft** wird beeinflusst durch externe Rahmenbedingungen wie die EU-Fischereipolitik, internationale Abkommen und marktinterne Entwicklungen wie z. B. der Anforderungen des LEH. Die direkte Handlungsbereitschaft ist eher gering. Zusammenfassend kann die Anpassungskapazität der Fischerei als mittel eingestuft werden, voraus sich eine **mittlere** Vulnerabilität der Fischerei ergibt.

Die **Aquakultur** zeichnet sich zum einen durch eine Abhängigkeit von Futtermitteln wie Fischmehl, Soja, Erbsen und Getreide sowie von Süßwasser aus als auch durch eine begrenzte Auswahl an Zielarten für die Zucht. Die potentiellen Auswirkungen für die regionale Aquakultur sind als mittel einzuschätzen. Die **natürliche Anpassungsfähigkeit** ist abhängig von der Wahl und Vielfalt der Zielarten und der Zuchtmöglichkeiten (z. B. bedingt durch Temperaturgrenzen). Erhöhte Temperaturen können darüber hinaus die Verbreitung und Vermehrung von Krankheitserregern und ökologischen Folgeeffekten der Aquakultur erhöhen. Das **Anpassungswissen** ist im Vergleich zur Fischerei aufgrund des vergleichsweise jungen Wirtschaftszweigs geringer. Die **Anpassungsoptionen** sind abhängig von einer begrenzt einsetzbaren Fischvielfalt und einer Futtermittelabhängigkeit, die zur Überfischungsproblematik beiträgt. Die Zucht von Fischen mit geringen Veredelungsverlusten setzt das Vorhandensein entsprechender Verarbeitungskapazitäten und Vermarktungswege voraus. Die Anpassungsmöglichkeiten sind dennoch im Vergleich zur Fischerei als mittel bis hoch einzustufen, da das Produktionssystem (je nach spezifischer Ausgestaltung) unmittelbar beeinflusst werden kann und somit auch eine Just-in-Time Lieferung mit Fischerzeugnissen ermöglicht. Die **Anpassungsbereitschaft** ist von externen Rahmenbedingungen bedingt, die sich zum einen durch gesetzliche Regulierungen auswirken kann, z. B. im Bereich verstärkter Anforderungen hinsichtlich nachhaltiger Aquakultursysteme (Verbrauch von Wasser, Einsatz von Medikamenten, etc.) als auch in Form von Anforderungen seitens des LEH und der Endverbraucher. Die direkte **Handlungsbereitschaft** ist gering, da die Aquakultur durch starke Wachstumsraten gekennzeichnet ist und eine stetig steigende Nachfrage in den letzten Jahren zu verzeichnen ist. Die Anpassungskapazität ist im Vergleich zur Fischerei zwar etwas höher, sie wird aber trotzdem nur als mittel eingestuft. Insgesamt ergibt sich für die Aquakultur daraus eine **geringe** Vulnerabilität.

Der **Großhandel/Auktion** ist vor allem durch ein verändertes Angebot und durch die Einführung neuer/anderer Rohwaren betroffen, die sich in Sortimentsveränderungen niederschlagen und u. U. neue Vermarktungsstrategien erfordern. Grundsätzlich muss mit einer erschwerten mengenmäßigen Versorgung mit bestimmten Fischarten gerechnet werden. Die potentiellen Auswirkungen können je nach Spezialisierungsgrad des Unternehmens und den zukünftigen Entwicklungen bestimmter Fischbestände gering bis mittel ausfallen. Zum konkreten **Anpassungswissen** kann keine Aussage gemacht werden. Grundsätzlich ist das Wissen abhängig von der Ausgestaltung der jeweiligen Organisation (Größe, Marktmacht und individuelles Engagement). Die **Anpassungsmöglichkeiten** können einen Ausbau der Lieferantenbeziehungen sowie erweiterten An- und Verkauf von Nischenprodukten, wie Rohwaren aus bestandserhaltender Fischerei sowie Rohwaren aus zertifizierter Aquakultur umfassen. Die Möglichkeiten zur Anpassung sind hoch. Die **Anpassungsbereitschaft** ist abhängig von der jeweiligen Unternehmensstrategie und dem verfügbaren Angebot. Die Anpassungskapazität kann als mittel bis hoch eingeschätzt werden und die Vulnerabilität des Großhandels/Auktion als **gering**.

Die Bereiche der **Verarbeitung und Weiterverarbeitung** sind vor allem von einer veränderten Rohwarenverfügbarkeit sowie einem erhöhten Kühlungsbedarf betroffen, die technische Anpassungsmaßnahmen und die Entwicklung und Vermarktung neuer Produkte nach sich ziehen kann. Die Aufrechterhaltung der Kühlkette stellt eine darüber hinausgehende Herausforderung dar, die u. a. in erhöhten Energiekosten und logistischen Anpassungen resultieren kann und insgesamt zu mittleren potentiellen Auswirkungen zusammengefasst werden können. Das **Anpassungswissen** beider Stufen ist geprägt von einem hohen Technisierungsgrad und einer Beschäftigung mit Fragen der Qualitätssicherung und zunehmend der Herkunftssicherung und Rückverfolgbarkeit. Klimawandelinduzierte Veränderungen haben dahingegen keine hohe Relevanz. Das An-

passungswissen ist daher als mittel einzuschätzen. Die **Anpassungsmöglichkeiten** umfassen zum einen die Aufrechterhaltung der Kühlkette durch technische Optimierung, die Kompensation einer veränderten Rohwarenverfügbarkeit durch den Einsatz von Aquakulturerzeugnissen als auch den Einsatz und die Förderung von bestandserhaltenden Fischereimethoden und Zertifizierungen sowie den Ausbau neuer Lieferantenbeziehungen. Die **Bereitschaft** der Stufen wird stark von den Anforderungen des LEH und der Endverbraucher sowie den Anforderungen von NGO's und staatlichen Regulierungen beeinflusst. Insgesamt sind die unternehmensindividuellen Handlungsspielräume hoch und Indizien für eine innovationsgetriebene Branchenkultur sind erkennbar. Die Anpassungsbereitschaft ist somit hoch. Insgesamt kann die Anpassungskapazität der Verarbeitung und Weiterverarbeitung als mittel eingestuft werden. Die Vulnerabilität der Ver- und Weiterverarbeitung ist somit **gering bis mittel**.

Der **Groß- und Einzelhandel** wird sich aufgrund der klimawandelinduzierten Veränderungen in den vorgelagerten Bereichen der Fischwirtschaft auf mögliche Beschaffungsengpässe, zunehmende Preisschwankungen und einen erhöhtem Kühlungsbedarf einstellen müssen. Die potentiellen Auswirkungen können vergleichbar zur Stufe der Verarbeitung und Weiterverarbeitung sowie des Großhandels/Auktion gering bis mittel eingestuft werden. Das **Anpassungswissen** wird derzeit geprägt von Fragen bestandserhaltender Fischereimethoden und Zertifizierungsmöglichkeiten. Eine konkrete Auseinandersetzung mit klimawandelinduzierten Veränderungen ist nicht zu erkennen. **Anpassungsmöglichkeiten** können eine engere Zusammenarbeit innerhalb der Supply Chain und Vereinbarungen mit Zulieferern über Produkte aus bestandserhaltender Fischerei und zertifizierten Fischerzeugnissen umfassen. Diese können mögliche Beschaffungsengpässe abfedern und den Zulieferern Abnahmesicherheit und u. U. eine Amortisation der Investitionskosten für den Zertifizierungsprozess gewährleisten. Die Aufrechterhaltung der Kühlkette kann z. B. durch technische Maßnahmen sichergestellt werden. Die **Bereitschaft** ist vor allem durch ein starkes Interesse geprägt, sich mehr in Richtung einer nachhaltigen Beschaffungspolitik und Sortimentsgestaltung zu entwickeln. Diese ist u. a. bedingt durch eine zunehmende Überfischung und öffentliche Thematisierung der Gründe und Folgen dieser Überfischung durch NGO's und Medien. Mögliche staatliche Regulierungen spielen neben der Sicherung und Generierung von Marktvorteilen eine weitere Rolle. Die Anpassungskapazität kann insgesamt als mittel und die Vulnerabilität des Groß- und Einzelhandels damit als **gering** eingeschätzt werden.

Der Bereich des **Konsums der Endverbraucher** ist vor allem von Unsicherheiten in der Rohwarenverfügbarkeit sowie in den Transport- und Logistikbedingungen betroffen. Grundsätzlich ist mit einer weiteren Nachfragezunahme von zertifizierten Fischerzeugnissen zu rechnen und die potentiellen Auswirkungen als gering einzuschätzen. Das **Anpassungswissen** ist gekennzeichnet durch eine zunehmende Sensibilisierung für die Überfischungsproblematik. Das Wissen um die Zusammenhänge klimawandelbedingter Auswirkungen auf den Konsum von Fisch ist gering bis gar nicht vorhanden und wird auch wenig bis gar nicht im Rahmen von Werbe- und Produktkampagnen thematisiert. Die **Möglichkeiten**, sich an die klimawandelinduzierten Veränderungen anpassen zu können, können als hoch eingestuft werden. Zum einen kann durch mehr Transparenz und Informationen für die Konsumenten das Kaufverhalten mehr in Richtung nachhaltigen und bestandsgerechten Konsums gelenkt werden (z. B. Angebot saisonaler und primär heimischer Fischarten) und darüber hinaus mögliche Engpässe durch den Kauf von Aquakulturerzeugnissen kompensiert werden. Die **Anpassungsbereitschaft** wird geprägt durch eine hohe Nachfrage nach Aquakulturerzeugnissen. Unklar ist der Grad der Offenheit gegenüber neuen Fischarten und -produkten seitens der Konsumenten. Diese wird vor allem vom Preis und Geschmack des Fischproduktes abhängig sein. Grundsätzlich existiert aber ein stetig steigender Trend, mehr Fisch statt Fleisch zu konsumieren. Die Anpassungsbereitschaft kann mit mittel bis hoch bewertet werden. Zusammenfassend kann die Anpassungskapazität somit als hoch eingestuft werden. Die Vulnerabilität der Wertschöpfungskettenstufe Konsum durch den Endverbraucher ist somit **gering**.

Auf Ebene der verschiedenen Stufen der fischwirtschaftlichen Wertschöpfungskette konnte gezeigt werden, dass die Vulnerabilität von unterschiedlichen Faktoren abhängig ist. Hier spielen einmal die Abhängigkeitsstrukturen zwischen den Stufen eine Rolle sowie im Besonderen die Gatekeeper-Position des Einzelhandels und die Einkaufsmacht der Konsumenten. Diese Rahmenbedingungen werden wiederum von den europäischen sowie internationalen Gesetzgebun-

gen und Abkommen bzgl. der Gewährleistung von Fangrechten und -quoten eingerahmt und bestimmen vor allem die Freiheitsgrade und Handlungsspielräume der Fischerei und Aquakultur. Trotz der Unsicherheit bzgl. der konkreten Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Fischbestände und Stufen der fischwirtschaftlichen Wertschöpfungskette muss vor dem Hintergrund des dynamischen Zusammenspiels von sozioökonomischen Entwicklungen, den Auswirkungen der Überfischung und den prognostizierten klimatischen Veränderungen und der damit implizierten direkten und indirekten Veränderungen insgesamt mit einer reduzierten Produktivität der Fischwirtschaft gerechnet werden (s. a. Kap. 6.1). Cochrane et al. (2009: 111) weisen zudem auf die hohe Relevanz nicht direkt klimawandelinduzierter Einflüsse auf die Entwicklung der globalen Fischwirtschaft hin: „Non-climate issues or trends, for example changes in markets, demographics, overexploitation and governance regimes, are likely to have a greater effect on fisheries in the short term than climate change“.

4.7.4 Fazit

Im **Vergleich der Wertschöpfungsketten** ist die Milchwirtschaft stärker von klimatischen und natürlichen Prozessen in der Region abhängig als die Fleisch- und Fischwirtschaft, da ein größerer Anteil der Futtermittel aus der eigenen Herstellung stammt und die Tiere auf Weiden oder in offenen Ställen gehalten werden. Die eher moderaten Klimaveränderungen in der Region führen aus naturräumlicher Sicht zu keinen starken Nachteilen für die Milchwirtschaft. Allerdings überlagern sozioökonomische Aspekte wie der starke Strukturwandel, die Ausrichtung auf eine hohe Milchleistung wenig „robuster“ Rinderrassen und zunehmende Flächenkonkurrenzen diese eher positive Bewertung und führt zu einer erkennbaren, aber geringen Vulnerabilität. Nachgelagerte Stufen wie die Weiterverarbeitung und der LEH sind für alle betrachteten Bereiche der Ernährungswirtschaft nur gering von klimatischen Veränderungen betroffen. Ihr Handeln ist aber bestimmend für die Wertschöpfungskette und kann – ebenso wie veränderte politische Rahmenbedingungen – deutliche Auswirkungen auf ihre Situation haben. Die Struktur der Wertschöpfungsketten der Geflügelwirtschaft, in denen oftmals ein großer Teil der Aktivitäten unter dem Dach eines integrierenden Unternehmens ablaufen, unterscheidet sich von den anderen untersuchten Wertschöpfungsketten. Wie bei der Betrachtung der Verarbeitungsstufe schon angedeutet wurde, könnte es bei einer lockeren Wertschöpfungskettenstruktur wie in der Schweinefleisch- und Milchwirtschaft eher zu individuelleren und vielfältigeren Anpassungslösungen kommen, während in der Geflügelwirtschaft erst ein Branchenkonsens gefunden oder der Integrator überzeugt werden müsste, bevor konkrete Anpassungsentscheidungen getroffen werden. Die kettenweite Einführung wäre anschließend in der Geflügelwirtschaft vermutlich jedoch sehr viel schneller durchführbar als in den anderen Wertschöpfungsketten. Die Fischwirtschaft ist im Besonderen von den europäischen sowie internationalen Abkommen bzgl. der Gewährleistung von Fangrechten und -quoten beeinflusst. Diese bestimmen vor allem die Freiheitsgrade und Handlungsspielräume der Fischerei und Aquakultur. Durch das dynamische Zusammenspiel von sozioökonomischen Entwicklungen, Auswirkungen der Überfischung und den prognostizierten klimatischen Veränderungen und der daraus resultierenden Folgeeffekte auf die fischwirtschaftliche Wertschöpfungskette muss trotz bestehender Unsicherheiten bzgl. der konkreten Auswirkungen der Veränderungen auf einzelne Fischbestände, mit einer reduzierten Produktivität der Fischwirtschaft gerechnet werden. Unmittelbar und am stärksten ist in der Fischwirtschaft die Vorproduktion von Fischereierzeugnissen durch die klimawandelbedingten Veränderungen betroffen (vor allem durch globale Veränderungen auf Grund der hohen Importquote der deutschen Fischwirtschaft).

Allen Wertschöpfungsketten ist gemein, dass sie einer wachsenden Gefahr von Lieferverzögerungen oder Lieferunterbrechungen (u. a. auf Grund vermehrter Extremwetterereignisse) sowie Kostensteigerungen insbesondere durch höhere Kühlanforderungen durch heißere Sommer als potenzielle Auswirkungen des Klimawandels ausgesetzt sind. Gleichzeitig können abnehmende Frosttage Chancen für die regionale Ernährungswirtschaft beinhalten, da u. a. weniger Heizkosten entstehen und die Logistik weniger durch widrige winterliche Transportverhältnisse eingeschränkt wird. Es wurde ersichtlich, dass die Wirkungen des Klimawandels sehr komplex sind und teilweise erst über **Auswirkungen zweiten oder dritten Grades** auf die Akteure der Wertschöpfungsketten wirken werden. Insbesondere durch die Unsicherheit bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels stellen die durchgeführten vulnerabilitätsbezogenen Wertschöpfungsket-

tenanalysen (VWSKA) sowie betriebs- und produktspezifische Stoffflussanalysen (s. Fallstudie zur Schweinefleischverarbeitung in Akamp & Schattke 2011) erfolgreiche Instrumente für Unternehmen dar, um sich entlang der Stufen der eigenen Wertschöpfungskette der Sensitivitäten frühzeitig bewusst zu werden und daraus langfristig orientierte Maßnahmen abzuleiten.

Inwieweit die Unternehmen der Ernährungswirtschaft in der Lage sind, für die Klimaanpassung auch **nachhaltige, zukunftsfähige Lösungen** zu berücksichtigen und nicht nur in kurzfristig orientierte technische Anpassungen zu investieren, wird sich im Zuge der Bearbeitung der Innovationspotenzialanalyse im Projekt ‚nordwest2050‘ zeigen. Hierbei werden vermutlich vor allem die kulturellen und ökonomischen Faktoren, die innerhalb der Ernährungswirtschaft vorherrschen, als Barrieren für eine nachhaltige Klimaanpassungsstrategie wirken. Es besteht daher die Notwendigkeit, neue strategische Denkanstöße und Pfade zu generieren, die nicht nur in technischen Anpassungen und klimaphysiologischen Wirkungen (d.h. die Wechselbeziehung zwischen klimatischer Umwelt und der Tierleistung) gedacht werden, sondern auch tatsächlich neue Wege beschreiten. Hier kann es zukünftig nicht mehr nur um Anpassungsleistungen von Systemen gehen, sondern auch grundsätzliche Fragestellungen von Modifikationen und Neudefinitionen von Systemen müssen Berücksichtigung finden. Diese weiterführenden Entwicklungspfade der Ernährungswirtschaft, z. B. verbesserte Vermarktungsoptionen für den Einsatz von robusten Tierarten und Pflanzensorten im Gegensatz zu rein technologisch basierten Anpassungsmaßnahmen, werden u. a. in der Innovationspotenzialanalyse bearbeitet.

4.8 Energiewirtschaft

Jakob Wachsmuth, Arnim von Gleich, Stefan Gößling-Reisemann, Birgitt Lutz-Kunisch, Sönke Stührmann, Jürgen Gabriel, Sabine Meyer

Die hier beschriebene Zusammenfassung der Vulnerabilitätsanalyse (VA) des Energieclusters in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) basiert auf einer Studie zur vulnerabilitätsbezogenen Wertschöpfungskettenanalyse (VWSKA) des Bremer Energieinstituts (BEI: Gabriel & Meier 2010), einer von den Autoren angefertigten Strombilanz der Region, einer Auswertung von Klimamodellen (s. Schuchardt et al. 2010a und 2010b und Tabelle 19 im Anhang), mehreren Workshops und Interviews mit Akteuren der regionalen Energiewirtschaft und einer entsprechenden Literaturrecherche nach allgemeinen und klimawandelbezogenen Vulnerabilitäten im Bereich der Energieversorgung. Die VWSKA wurde dabei nach den Vorgaben des entsprechenden Leitfadens erstellt (Akamp et al. 2010). Der Fokus lag dabei auf der Fähigkeit des Energiesektors die Systemdienstleistung „Energieversorgung“ zu erbringen. Dies meint, dass die Energieversorgung der Region innerhalb gewisser Rahmenbedingung und unter Einhaltung von qualitativen und quantitativen Kriterien gewährleistet ist. Die genauen Spezifikationen dieser Systemdienstleistung wurden in Teilen gemeinsam mit dem Bremer Energieinstitut (BEI) entwickelt und sind dem Bericht zur VA des Energieclusters (Wachsmuth et al. 2011) zu entnehmen. Wirtschaftliche Aspekte der Vulnerabilität des Energiesektors, wie beispielsweise Beschäftigungseffekte, Wertschöpfung oder wirtschaftliche Prosperität, wurden nur am Rande bearbeitet.

Es wurden bei der Analyse nicht nur Klimaeffekte berücksichtigt (ereignisbezogene oder klimawandelbezogene Vulnerabilitätsanalyse), sondern auch strukturelle Verletzlichkeiten, also solche die durch die Struktur des Systems bedingt sind (strukturelle Vulnerabilitätsanalyse).

Bei der Analyse der Vulnerabilität entlang der ausgesuchten Wertschöpfungsketten wurde der Bedarf für vertiefte Analysen deutlich, der derzeit mit Hilfe von detaillierteren Wirkmodellen und weiteren Indikatoren beantwortet wird. Nach jetzigem Wissensstand werden dabei die hier vorgestellten Ergebnisse nicht in Frage gestellt, sondern ergänzt und verfeinert. Diese ergänzenden Aspekte werden im Hauptbericht zur VA des Energieclusters beschrieben und diskutiert (Wachsmuth et al. 2011).

Bedeutung des regionalen Energieclusters

Der Energiecluster der Metropolregion ist geprägt durch seine breite Erzeugungsstruktur im Strombereich (mit einem hohen fossilen Anteil), seine geographisch begründete Funktion als

wichtige Importregion für Erdgas, Rohöl und Kohle (Küstennähe, Tiefwasserhäfen, relative Nähe zu Niederlande und Norwegen), seine zukünftige Rolle als Transitregion für fossil und regenerativ erzeugten Strom, sowie seine noch nicht voll ausgeschöpften Potenziale bei Strom aus Wind und Biomasse. Ferner liegen in der Metropolregion national bedeutsame Erdgasquellen, Speicher für Erdgas und Rohöl (weitere Erdgasspeicher geplant), eines von weltweit zwei Druckluftspeicher-Kraftwerken, sowie eine der größten Raffinerien Deutschlands.

In der Region wurden in 2006 etwa 450 Petajoule (PJ) Primärenergie verbraucht, ca. 3,5% des deutschen Primärenergieverbrauchs, davon etwas über 100 PJ umgewandelt in elektrische Energie (Abschätzung in Helmich 2010). Der Anteil erneuerbarer Energieträger bei der Stromproduktion ist dabei mit über 15% in etwa identisch mit dem Wert auf bundesdeutscher Ebene. Die Energieintensität der Industrie in der Metropolregion (in Bezug auf Bruttowertschöpfung und Arbeitnehmer) ist hingegen sowohl im Vergleich zu Niedersachsen als auch im Vergleich zu Deutschland deutlich erhöht (siehe die entsprechende Diskussion dieser Indikatoren weiter unten).

Auswahl der Wertschöpfungsketten

Die Auswahl der Wertschöpfungsketten erfolgte nach verschiedenen Kriterien, wie z. B. Substituierbarkeit, eventuelle Klimaanfälligkeit und/oder vermutete strukturelle Schwächen. Es wurde unterschieden in leitungsgebundene (Strom/Gas und Fernwärme) und nicht leitungsgebundene Energieträger (z. B. Brennstoffe), wobei die leitungsgebundenen Energieträger (vor allem Strom, aber auch Gas) aus einer wirtschaftlichen Perspektive heraus betrachtet in der Region eine zentrale Position einnehmen.

Zur Identifizierung der unter dem Aspekt der klimawandelbedingten Vulnerabilität besonders interessanten Zweige der Energiewirtschaft wurden die potentiellen Auswirkungen des Klimawandels auf die gesamte Prozesskette der Energiewirtschaft, auch jenseits der Regionsgrenzen, untersucht (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6).

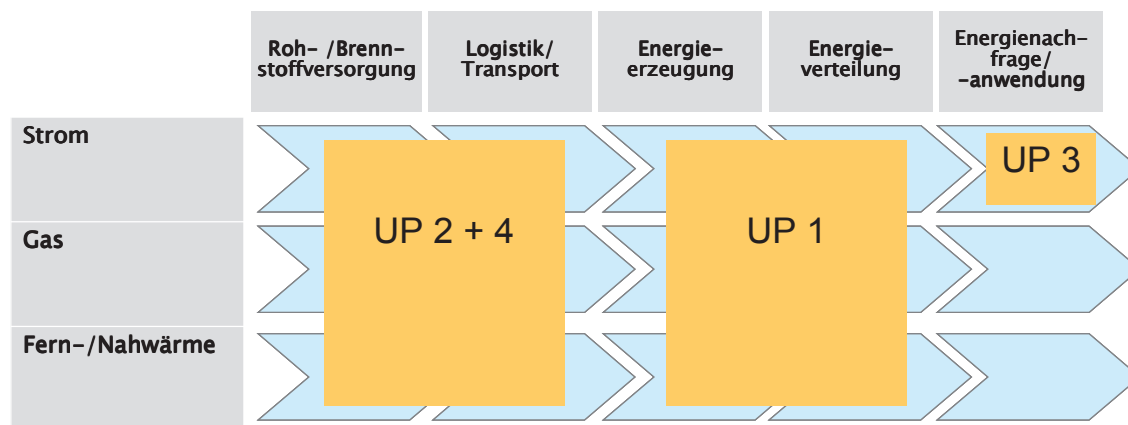


Abbildung 5: Übersicht über die vier Untersuchungsschwerpunkte (UP) der Wertschöpfungskettenanalyse (Quelle: Gabriel & Meier 2010)

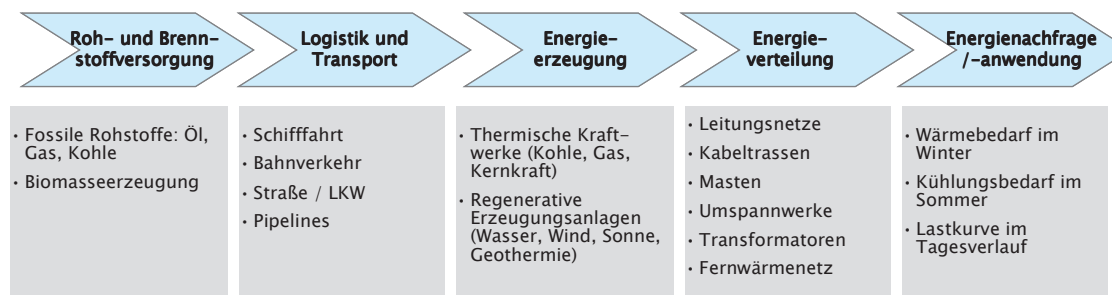


Abbildung 6: Übersicht Wertschöpfungskette im Energiecluster mit Beispielen (Quelle: Gabriel & Meyer 2010)

Die für die MPR HB-OL wichtige Wertschöpfungskette „Windenergie“ wurde nicht vertieft betrachtet, da die Dienstleistung der Energieversorgung in der Region durch Einflüsse auf diese Wertschöpfungskette nicht gefährdet ist. Eine tatsächlich relevante Auswirkung auf die Region hat der fortschreitende Ausbau der Windenergie (hier vor allem Offshore-Windparks und Repowering vorhandener Anlagen) für die Verteilstrukturen, insbesondere die Übertragungs- und Verteilnetze. Dieser Abschnitt der Wertschöpfungskette ist als „Energieverteilung“ in der Analyse enthalten. Für die Zukunft des regionalen Energieclusters spielt die Wertschöpfungskette „Windenergie“ ferner eine sehr bedeutende Rolle, so dass diese Aspekte Einzug in andere Arbeitsbereiche finden werden wie etwa die Roadmap of Change und die Innovationspotenzialanalyse.

4.8.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

Der Energiecluster in der Metropolregion Bremen-Oldenburg ist in verschiedener Weise dem Klimawandel ausgesetzt. Es wird deswegen in der Analyse zwischen direkten und indirekten Wirkungen des Klimas auf den Energiecluster unterschieden.

Direkte Wirkungen für den Energiecluster haben insbesondere Änderungen in den Klimaparametern Temperatur (auch Kenntage), Niederschlag, Windgeschwindigkeiten, Stürme, Hochwasserstände, niedrige Wasserstände plus heiße Tage (Kühlwasser) und Tropennächte (s. Kap. 3). Die Entwicklung dieser Parameter für das regionale Klima ist in den Klimaszenarien dargestellt (s. Schuchardt et al. 2010a und 2010b und Tabelle 19 im Anhang). Globale Klimaveränderungen (solche jenseits der Region) mit ihren Wirkungen auf die MPR HB-OL werden in Kap. 5.2 dargestellt, wobei es sich um mit den globalen Klimaprojektionen konsistente Abläufe in einer für den regionalen Energiesektor relevanten Weltregion handelt.

Indirekte Wirkungen können zum Beispiel aus der Rückkopplung des möglichen Klimawandels mit anderen für die Energieversorgung relevanten Bereichen resultieren, hierzu zählen:

- zunehmende Starkwetterereignisse führen zu höheren Versicherungskosten;
- Verstärkung der nationalen Klimaschutzbemühungen und Auswirkungen auf Regulierung oder Genehmigungen;
- Verstärkung politischer Instabilitäten in Ressourcenländern aufgrund klimatischer Belastung (Dürre, Extremereignisse usw.).

Während die direkten Klimawirkungen anhand von den für ‚nordwest2050‘ erstellten Klimaszenarien und anhand von globalen Klimaprojektionen diskutiert werden können, werden die indirekten Wirkungen ohne quantifizierbare Zusammenhänge diskutiert. Zusätzlich zu den von BioConsult erstellten Klimadatenauswertungen wurden eigene Berechnungen von relevanten Parametern für die regionale Energieversorgung durchgeführt. Die Anzahl der Heizgradtage¹³ und der Kühlgradtage sind zwei solche relevanten Größen für die Bestimmung der zum Heizen und Kühlen nötigen Energiebedarfe. Eine weitere relevante Größe, insbesondere für den Betrieb von thermischen Kraftwerken, die Spitzenbedarfe von Kühlanlagen, und die Verbreitung von privaten Klimaanlage, stellen Hitzeperioden dar. Die saisonalen Änderungen von Windgeschwindigkeiten und Bedeckungsgraden sind wichtig für die Stromverteilungsstrukturen, weil sie die zu kompensierende Fluktuation der Einspeisung aus erneuerbaren Energien beeinflussen. Diese zu den Klimaszenarien gehörenden Berechnungen sind in Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25 sowie in Tabelle 21 und Tabelle 22 im Anhang dargestellt.

In der klimawandelbezogenen Vulnerabilitätsanalyse beschreibt die Sensitivität die Empfindlichkeit eines Systems gegenüber den aktuellen Klimabedingungen (s. Kap. 2). Sie gibt demnach an, wie stark ein Sektor bzw. Handlungsbereich generell durch klimatische Einwirkungen – und damit auch durch den Klimawandel – beeinflussbar ist. Potenzielle Auswirkungen zeigen sich dann anhand der betroffenen Funktionen oder Dienstleistungen dieses Systems. Um diese Bewertung durchzuführen wurden für verschiedene Bereiche daher Systemdienstleistungen definiert.

¹³ Definiert nach VDI 2067

Definition Systemdienstleistungen: Die verallgemeinerten Systemdienstleistungen von ökologischen, technischen, ökonomischen und sozialen Systemen bestehen aus Strukturen, Produkten und Leistungen, welche diese Systeme einem Empfängerkreis („Nutzer“) zur Verfügung stellen und welche für diesen Empfängerkreis einen technischen, ökonomischen bzw. Wohlstand erhaltenden oder vermehrenden Wert haben. Systemdienstleistungen werden dabei über mengen- oder objektartige („was“) und qualitätsartige („wie“) Kriterien beschrieben.

Die potenziellen Auswirkungen ergeben sich aus der Verknüpfung von Exposition und Sensitivität, wobei in der Sensitivität der bestehende Anpassungsgrad für bekannte Störungen im betroffenen System berücksichtigt ist (s. Gleich et al. 2010: 38). Für die strukturelle Vulnerabilitätsanalyse ist dabei nicht die Exposition der relevante auslösende Faktor, sondern strukturelle Schwächen und daraus resultierende innere Ausfälle im System (s. Gleich et al. 2010: 40ff).

Die Sensitivitäten und potenziellen Auswirkungen wurden im Rahmen von Expertengesprächen und Literaturrecherchen in den einzelnen Stufen der verschiedenen Wertschöpfungsketten (WSKS) und mittels einer qualitativen Einordnung in „hoch“, „mittel“ und „gering“ bewertet. Außerdem wurde hier eine Einordnung der Fristigkeiten in die Kategorien „kurzfristig (etwa bis 2015)“, „mittelfristig (etwa bis 2030)“ und „langfristig (bis 2050)“ vorgenommen.

Hier werden zunächst die aus der Literaturrecherche abgeleiteten Ergebnisse für die drei grundlegenden Ebenen der Energieversorgungskette (Erzeugung, Verteilung, Anwendung) beschrieben, bevor wir speziell auf den Energiecluster in der Region eingehen.

Grundlegende Sensitivitäten und potenzielle Auswirkungen für Energieerzeugung (thermische Kraftwerke/Erneuerbare Energien)

Thermische Kraftwerke (KW), wie Kohle-, GuD- und Kernkraftwerke, werden von den meisten Klimaparametern (z. B. Veränderung der Niederschlagsmengen) nicht direkt betroffen, Ausnahmen sind für flusswassergekühlte KW die Temperaturerhöhungen von Flüssen. Nach Analyse des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (Dunkelberg et al. 2009) ist die Verfügbarkeit von Kühlwasser ein zentrales Problem, weshalb in den letzten Jahren vermehrt ein Trend zu beobachten ist, Kraftwerke in Küstennähe bzw. Flussmündungen (z. B. Wilhelmshaven) zu planen. Durch den Anstieg des Meeresspiegels sowie Extremwetter- oder Sturmflutereignissen nimmt dadurch allerdings die Exposition der KW an der Küste zu (vgl. Kap. 4.4). Die Erhöhung der Luft- und Wassertemperaturen reduziert die Leistung von thermischen Kraftwerken bzw. verschlechtert deren Wirkungsgrad. Bei Gasturbinen-KW verringern insbesondere höhere Lufttemperaturen den Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung (Schuchardt & Wittig 2008). Ferner sorgen steigende Lufttemperaturen auch für Effizienzverluste bei Kühltürmen (Dunkelberg et al. 2009). Um die mögliche Auslastung der Kraftwerke bestimmen zu können, müssen diese Faktoren für jedes Kraftwerk individuell betrachtet werden.

In Frankreich, Spanien und Deutschland musste während der Sommer 2003 und 2006 und auch 2010 aufgrund von anhaltender Hitze und Wasserknappheit die Leistung einiger Kernkraftwerke reduziert werden. Insgesamt wurden im Sommer 2003 in Frankreich 17 Kernreaktoren gedrosselt oder abgeschaltet. Der damit verbundene Rückgang der Elektrizitätsbereitstellung zwang den Energieversorger Électricité de France (EDF) dazu, Fehlmengen am Markt zu extrem hohen Preisen einzukaufen, wodurch EDF geschätzte Kosten in Höhe von 300 Millionen Euro entstanden (Kanter 2007).

Im Bereich der erneuerbaren Energien ist die Exposition in den meisten Fällen direkt, da sowohl die Anlagen als auch die Rohstoffe und die Verteilwege regional sind. Die Exposition bezieht sich hier auf veränderte Windparameter (durchschnittliche Windgeschwindigkeit, max. Windgeschwindigkeit, windstille Tage bzw. Flaute tage), Bedeckungsgrade sowie Einwirkungen auf das Wachstum von Biomasse (Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer etc.; vgl. Kap. 4.7).

Grundlegende Sensitivitäten und potenzielle Auswirkungen für Energieverteilung (Strom, Gas, Fernwärme)

In Stromverteilungsstrukturen, bestehend aus Kabel, Freileitungen und Umspannstationen usw. sind nicht alle Elemente Wettereinflüssen direkt ausgesetzt (wie z. B. gekapselte Transformatorstationen). Die direkteste Wirkung ist vermutlich im Hoch- und Höchstspannungsnetz zu erwarten, da dies meistens als Freileitungsnetz ausgelegt ist. Durch Einwirkungen auf des Hoch- und Höchstspannungsnetz würden zwar durchaus deutliche Auswirkungen auf die regionale Stromversorgung zu erwarten sein, die regionalen Einflussmöglichkeiten auf die Anpassung der Netze ist aber nur marginal. Da für diese Studie vor allem regionale Einflüsse betrachtet werden sollen, werden in der Analyse im Bereich der elektrischen Energieverteilung vor allem Mittel- und Niederspannungsnetze betrachtet, die zum größten Teil (ca. 99% in der Region) als Kabeltrassen vorliegen. Für Kabel liegen bisher aber noch keine Wirkmodelle vor, die einem verändertes Ausfallverhalten im Zusammenhang mit einer Veränderung von Klima- oder Wetterparametern (Bodentemperatur und Bodenfeuchte) erklären könnten. Interviews mit Netzbetreibern und Kabelherstellern ergaben ebenfalls keine belastbaren Befunde. Einflüsse der Bodentemperatur sind in diesem Zusammenhang vor allem in der Auslegung von Kabelstrecken (Dauerstrombelastbarkeit; s. Oeding & Oswald 2004: 329 ff.) bekannt. Darüber hinaus gibt es lediglich anekdotische Fallberichte über eine Zunahme von Kabelausfällen im Herbst, so dass die Niederschlagsmengen und Temperaturen als Exposition für diesen Teil des Stromnetzes als relevant eingestuft werden.

Im Bereich der Gas- und Fernwärmenetze, sowie der Gasspeicher sehen wir in der Region keine relevanten klimatischen Einflussgrößen. Überregional bestehen allerdings relevante Expositionen dadurch, dass die regionale Gasversorgung trotz der vorhanden Vorkommen von Importen abhängt. Somit müssen klimatische Einwirkungen auf die Gasförderanlagen in Norwegen, den Niederlanden, Russland und die für den Transport notwendigen Verteilnetze mit bedacht werden. Dabei kommt Russland eine besondere Bedeutung zu, da von dort sowohl ein großer Teil der Kohle für die Region kommt, als auch zukünftig große Teile der Erdgaslieferungen. Im Allgemeinen ist in Russland mit einer weitaus höheren Jahresdurchschnittstemperatur zu rechnen (größer als in unserer Region). Damit verbunden sind kurzzeitige Gefahren wie heftige Niederschläge, Hitzeperioden im Süden und Landesinneren sowie Stürme und Unwetter, die Fluten entstehen lassen und ebenso den Transport auf See und zu Lande gefährden. Weiter sind die Permafrostböden von Auftauen bedroht, was die Stabilität der Erdgaspipelines und anderer Transportwege gefährdet.

Grundlegende Sensitivitäten und potenzielle Auswirkungen für Energienachfrage/-anwendung

Für die Sensitivität der Energienachfrage bzw. der Energieanwendung ist zwischen privatem und industriellem Konsum zu unterscheiden. Ein großer Teil der Energienachfrage des Privat-Sektors wird für die Erzeugung von Wärme (Heizung/Warmwasser) genutzt und ist somit stark Wetter und Klimawandel abhängig. Die Ergebnisse der Klimamodelle wiesen darauf hin, dass sich das Mediterrane Klima sich auch bis nach Norddeutschland hin ausweiten kann. Im Bereich der Stromnachfrage wird daher langfristig gesehen eine Lastverschiebung im Tagesverlauf („Mediterranisierung des Lebensstils“) erwartet, da sich private Aktivitäten in spätere Abendstunden hinein verlagern könnten. Für den Wärmebedarf ist die deutliche Verringerung der Heizgradtage von großer Relevanz, während die Erhöhung der Kühlgradtage und das vermehrte Auftreten von Hitzeperioden einen starken Einfluss auf die Nachfrage nach Kühldienstleistungen (gewerblich und privat) haben kann. Für den industriellen und den Dienstleistungssektor ergeben sich aus der Temperaturerhöhung Auswirkungen auf den Kühlbedarf, insbesondere im Nahrungsmittel- und Logistikbereich. Für den industriellen Sektor werden Veränderungen eher durch regulative oder technische Maßnahmen (CO₂-Reduktion, Lastmanagement) erwartet, welche als indirekte Wirkungen des Klimawandels interpretiert werden können.

Spezifische potenzielle Auswirkungen auf den regionalen Energiecluster

Insgesamt lässt sich für die potenziellen Auswirkungen auf den Energiecluster festhalten:

- Die potenziellen klimawandelbezogenen Auswirkungen der Energiewirtschaft sind überwiegend „mittel“, in drei WSKS nur „gering“.

- Die potenziellen strukturellen Auswirkungen der Energiewirtschaft werden in fünf der acht WSKS um eine Stufe stärker eingeschätzt als die klimawandelbedingte Sensitivität. In allen WSKS werden sie mindestens als „mittel“ eingeschätzt, in den Bereichen Biomasse und Stromversorgung als „hoch“.

In Tabelle 5 sind die potentiellen Auswirkungen des Klimas und der strukturellen Verletzlichkeit für alle betrachteten Bereiche als Übersicht dargestellt.

Tabelle 5: Übersicht über potenzielle Auswirkungen in der Energiewirtschaft der MPR HB-OL (Quelle: Gabriel & Meyer 2010)

	Primärenergie			Leitungsgebundene Energieversorgung			Anwendungen	
	Kohle	Gas	Biomasse	Strom	Gas	Fernwärme (FW)	Kälte	Lastmanagement (LM)
potenzielle Auswirkungen des Klimas	gering	gering	mittel	mittel	mittel	mittel	gering	mittel
potenzielle Auswirkungen strukturelle Faktoren	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	mittel

Exemplarisch für die gesamten Ergebnisse der VWSKA werden die Ergebnisse der leitungsgebundenen Energieversorgung (Strom/Fernwärme/Gas) und die Biomasseerzeugung zur Brennstoffversorgung dargestellt, da diese insgesamt die höchsten Bewertungen erhalten haben. Die detaillierten Ergebnisse und Begründungen für die Bewertung sind im Hauptbericht zur VA des Energieclusters (Wachsmuth et al. 2011) und im Bericht vom BEI (Gabriel & Meyer 2010) zu finden.

Folgende potenzielle Auswirkungen werden im Bereich **leitungsgebundene Versorgung mit Strom** gesehen:

klimawandelbezogene Auswirkungen:

- im Bereich der thermischen Stromerzeugung potenziell mittlere Auswirkungen durch Kühlwassermangel und geringe Auswirkungen durch Anstieg der Jahresmitteltemperatur und erhöhte Anzahl tropischer Nächte und Auswirkungen auf die Erzeugungseffizienz und die Grundlastfähigkeit der Kraftwerke;
- im Bereich der Stromerzeugung aus Windenergie und Photovoltaik (PV) kurzfristig geringe Auswirkungen, mittelfristig mittlere Auswirkungen, langfristig hohe Auswirkungen durch Stürme und Sturmfluten;
- im Bereich der Stromverteilung wegen hohem Qualitätsstandard der Netze und der überwiegend unterirdisch verlaufenden Trassenführung im Mittelspannungs- und Niederspannungsnetz nur mittlere bis geringe Auswirkungen (gilt auch für Hoch- und Höchstspannungsnetze);
- im Bereich Nachfrageveränderung kurzfristig geringe, langfristig mittlere Auswirkungen durch Verschiebung der Lastkurven und Änderungen im Kältebedarf (soweit elektrisch betrieben).

strukturelle Auswirkungen:

- Entwicklung des Stromerzeugungsmixes in starkem Maße abhängig von energiepolitischen Entscheidungen: kurzfristig geringe, langfristig hohe Auswirkungen;
- eine sichere und effiziente Stromversorgung kann nur durch ausreichende Investitionen in Erzeugungsanlagen und Netzinfrastruktur gewährleistet werden. Politische und energiewirtschaftliche Reaktionen auf den Klimawandel sind derzeit unsicher, deshalb kurz-, mittel- und langfristig hohe Auswirkungen.

Auswirkungen auf die Systemdienstleistung:

- Die Systemdienstleistungen werden durch die oben genannten Auswirkungen in erster Linie im Bereich der kontinuierlichen Verfügbarkeit von Strom beeinträchtigt. Langfristig ist auch eine Beeinträchtigung im Bereich der Frequenzstabilität zu erwarten, wenn es zu keiner Anpassung zwischen Netzausbau und dem Anteil an eingespeisten Erneuerbaren Energien kommt. Im Fall eines Deichbruchs in der Nähe von Energieinfrastrukturen käme es zu massiven Einschränkungen bei der Stromversorgung. Dies ist zwar weiterhin äußerst unwahrscheinlich, das Restrisiko nimmt jedoch durch die steigende Belastung der Schutzbauwerke zu (vgl. Kap. 4.4).

Folgende potenzielle Auswirkungen werden im Bereich **leitungsgebundene Verteilung von Gas** gesehen:

klimawandelbezogene Auswirkungen:

- temperaturbedingter Nachfragerückgang hat kurzfristig geringe Auswirkungen auf die Versorgungssituation, mittel- bis langfristig mittlere Auswirkungen;
- Es wird erwartet, dass politisch gewollte Effizienzmaßnahmen sowie der Ausbau der Fernwärmeversorgung zu einem starken Nachfragerückgang führen. Kurzfristig betrachtet wird dies zunächst geringe Auswirkungen haben, mittel- bis langfristig werden diese Effekte sich aber stärker auswirken, so dass von mittleren, im späteren Verlauf auch hohen potenziellen Auswirkungen in den Bereichen Auslastung der Anlagen und Effizienz ausgegangen werden muss, insbesondere weil die Infrastrukturen aus Gründen der Versorgungssicherheit nicht einfach herunter skaliert werden können.
- Mittelfristig könnte sich der Anteil russischer Gaslieferungen am regionalen Gasangebot vergrößern. Hier könnten klimabedingte Ausfälle entstehen (Auftauen der Permafrostböden, Auswirkungen von Extremereignissen auf russische Förderanlagen, etc.), welche aber zum größten Teil durch die vorhandenen Speicherkapazitäten aufgefangen werden können.

strukturelle Auswirkungen:

- Im Bereich Erdgasspeicherung wird in Zukunft eine stärkere Ausrichtung des Speichereinsatzes nach ökonomischen Zielen (Arbitragegewinne realisieren¹⁴) eintreten und es ist mit einer stärkeren Konkurrenz um die Nutzung der Gasspeicher zu rechnen, es sind aber nur geringe Auswirkungen auf die regionale Gasversorgung zu erwarten.
- Die Existenz von verschiedenen Gasqualitäten (H- und L-Gas) in der regionalen Gasversorgung bedingt zur Zeit noch das getrennte Führen von Versorgungsstrukturen und die Unmöglichkeit der Endkunden sich frei für einen Gasanbieter zu entscheiden, welches grundlegende Verletzlichkeiten darstellen. Daher werden kurz- und mittelfristig hohe Auswirkungen erwartet. Langfristig wird L-Gas vom Markt verschwinden und die Auswirkungen sinken auf „gering“. Für den Endkunden besteht dabei ein gewisser technischer Anpassungsbedarf bevor diese Getrenntführung aufgehoben werden kann.
- Die Entwicklung der Verstromung von Gas in zentralen (ggf. mit CCS Technologien) oder dezentralen KWK-Anlagen („Kellerkraftwerke“) kann erhebliche Auswirkungen auf die ökonomische Effizienz der Gasversorgung haben (größeres Absatzvolumen), dies ist aber derzeit nicht sicher einzuschätzen.

Auswirkungen auf die Systemdienstleistung:

- Festzuhalten ist, dass die leitungsgebundene Energieversorgung mit Gas in verschiedener Hinsicht einem Wandel unterliegen wird, welcher Effizienz, Kosten und Zuverlässigkeit beeinflussen kann.

¹⁴ Arbitragegewinne beschreiben ein Ausnutzen von räumlichen oder zeitlichen Preisdifferenzen für ein Gut.

- Aus Sicht der Versorger entstehen die größten Auswirkungen dabei aufgrund des strukturellen Wandels (Konkurrenz bei Speichernutzung, Auslaufen des L-Gases, sich entwickelnde LNG Markt), welcher Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit und die Kundenanteile haben kann. Ferner kann es bei einem größeren Anteil von russischen Gaslieferungen zu klimabedingten Lieferausfällen kommen. Die Versorgungssicherheit ist durch diese Entwicklungen aber vermutlich nicht gefährdet.
- Für den Endverbraucher könnten sich diese Auswirkungen in der Preis- und Vertragsgestaltung niederschlagen. Die technischen Auswirkungen beim Umstieg auf H-Gas sind hingegen als eher gering einzuschätzen (über eine Finanzierung lässt sich noch nichts aussagen). Positiv lässt sich aber festhalten, dass Anzahl und damit auch die Auswahl potentieller Gasanbieter für den Endkunden langfristig eher zunimmt.

Folgende potenzielle Auswirkungen werden im Bereich **leitungsgebundene Versorgung mit Fernwärme** (nur in Bremen vorhanden) gesehen:

klimawandelbezogene Auswirkungen:

- Der temperaturbedingte Nachfragerückgang hat kurzfristig geringe Auswirkungen, mittel- bis langfristig werden etwas höhere Auswirkungen erwartet (mittel). Die Auswirkungen betreffen vor allem die Effizienz der Fernwärmeversorgung und die damit verbundenen Kosten. Gleichsam entwickelt sich hier ein Konflikt zwischen klimaschutzbedingten Ausbauzielen und klimawandelbedingten Effizienzeinbußen.
- Politisch gewollte Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung) führen zusätzlich zu einem starken Nachfragerückgang: kurzfristig geringe Auswirkungen, mittelfristig mittlere Auswirkungen, langfristig hohe Auswirkungen.
- Direkte Klimaauswirkungen auf Erzeugung und Infrastruktur sind eher gering.

strukturelle Auswirkungen:

- Im Bereich der Erzeugung: zunehmende Differenzierung der Energieträger und Standorte, derzeit noch verschiedene, unverbundene Teilnetze, daher kurz- bis mittelfristig mittlere Auswirkungen, langfristig geringe Auswirkungen (unter Ausbau- und Vernetzungsszenarien).
- Aus der Perspektive der Anbieter: Kurzfristig können Kunden nicht wechseln, also geringe Auswirkungen. Mittel- bis langfristig bestehen Substitutionsmöglichkeiten (Umrüstung der Wärmeversorgung), d.h. hohe Auswirkungen.
- Anbieter und Nachfragestruktur: Heterogene Abnehmerseite, aber Kundensegment Wohnungsbaugesellschaften mit hoher Marktmacht, d.h. mittlere potentielle Auswirkungen.
- Aus der Endverbrauchersicht: Fernwärme könnte unter o. g. Bedingungen mittelfristig teurer werden, langfristig günstiger. Einflüsse auf die Versorgungssicherheit werden mit dem Ausbau der Netze weitestgehend ausgeschlossen.

Auswirkungen auf die Systemdienstleistung:

- Die Sensitivität und die potentiellen Auswirkungen im Bereich der Fernwärme sind kurzfristig als gering einzuschätzen, insbesondere da die oben skizzierten Veränderungen erst langsam eintreten werden.
- Langfristig bestehen große Unsicherheiten über die Entwicklung der Wärmequellen (z. B. die Entwicklung der regionalen Kraftwerkskapazitäten) und den Ausbau und den wirtschaftlichen Betrieb der Fernwärmenetze (geringere Auslastung, Marktmacht spezifischer Kundengruppen, Effizienzmaßnahmen, Nachfragerückgang).
- Eine negative Entwicklung der Wärmequellen (hinsichtlich des Angebotes an Wärme), eine Verringerung der genutzten Wärmemengen und eine geringere Auslastung der Netze haben das Potential sich gegenseitig zu verstärken, da unter diesem Zusammenspiel die technische und ökonomische Effizienz der Fernwärmenetze stark leiden

würde und ein Ausbau bzw. eine Instandhaltung dadurch zunehmend unattraktiver wird. Dies hätte somit langfristig gesehen hohe Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit des Endkunden.

Folgende potenzielle Auswirkungen werden im Bereich **Biomasseerzeugung zur Brennstoffversorgung** gesehen (vgl. a. Kap. 4.7):

klimawandelbezogene Auswirkungen:

- Bei Energiepflanzen, insbesondere Mais, könnten höhere Temperaturen, eine Verlängerung der Wachstumszeit und eine stärkere CO₂-Düngung grundsätzlich für erhöhte Erträge sorgen. Gleichzeitig erhöht sich aber nicht die Sonnenscheindauer und die Niederschlagsmengen im Sommer gehen zurück, so dass diese Erhöhung nicht allzu groß ausfallen dürfte (geringe Auswirkung).
- Vermehrte Extremereignisse (Hitzeperioden, Trockenzeiten) führen wiederum zu kurzfristigen Ernteausfällen, so dass die Sicherheit der Erträge eingeschränkt wird; Bewässerungssysteme sind außer in den Marschgebieten aktuell nicht vorhanden (Auswirkungen mittel).
- Gleichzeitig ist auf globaler Ebene eher mit einer Nahrungsverknappung (vor allem aus Gründen des Wassermangels) zu rechnen, so dass auf den landwirtschaftlichen Sektor zusätzlicher Druck ausgeübt wird (Auswirkungen hoch).

strukturelle Auswirkungen:

- Politische Entscheidungen auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene zur Bioenergie- und Energiepflanzenproduktion sind derzeit noch unklar und durch die zahlreichen Konfliktfelder schwer prognostizierbar: kurz-, mittel- und langfristig hohe Auswirkungen.
- Die Flächenverfügbarkeit zur Biomasseproduktion ist beschränkt und führt zu Flächenkonkurrenz/Konflikten in den Veredelungsregionen: kurz-, mittel- und langfristig hohe Auswirkungen.
- Die starke Abhängigkeit zwischen Biomasseerzeugern und Biomasseverarbeitern bedingt unflexible Strukturen und führt zu kurz-, mittel- und langfristig hohen Auswirkungen.

Auswirkungen auf die Systemdienstleistung:

- Der Ausbau der Biomassenutzung wird in der Region in Hinblick auf die Versorgungssicherheit (Strom und Wärme) eher einen positiven Einfluss auf die Sensitivität der regionalen Versorgung mit Energie haben, da die Energieproduktion aus Biomasse potenziell grundlastfähig ist und zudem nicht direkt wetterabhängig ist.
- Es sind Konflikte im Bereich der Ernährungsproduktion und der Biodiversität abzusehen, die sich nicht auf die Erfüllung der quantitativen Systemdienstleistungen beziehen, sondern deren Qualitätskriterien betreffen (Flächenkonkurrenz/Monokulturen, gesellschaftliche Akzeptanz, Umweltwirkungen).

Indikatoren zur Bewertung der strukturellen Sensitivität

Ein weiteres Mittel zur Beurteilung der strukturellen Sensitivität der regionalen Energieversorgung ist der Vergleich der Metropolregion (MPR) mit anderen Regionen oder größeren Wirtschaftsräumen über geeignete aggregierte Indikatoren. Mittels solcher Indikatoren wurden zwei unterschiedliche Aspekte der Energiewirtschaft untersucht. Auf der einen Seite beschreibt die Energieintensität der regionalen Industrie die Empfindlichkeit gegenüber Einschränkungen in der Energieversorgung, und geht damit über den Energiesektor selbst hinaus. Auf der anderen Seite beschreibt die Diversität der Energieerzeugung einen für die Versorgungssicherheit, und damit für die Systemdienstleistung des Energieversorgungssystems bedeutsamen Faktor.

Auf der Nachfrageseite ergeben sich Risiken durch einen überdurchschnittlichen Energiebedarf in der MPR, welche sich durch die hohe Energieintensität der hiesigen Industrie in den Jahren 2003 bis 2006 belegen lässt (eigene Berechnungen). Dabei hat sich gezeigt, dass der industrielle Energieverbrauch sowohl in Bezug zur Anzahl der Beschäftigten als auch zur Bruttowertschöpfung deutlich höher ist als im bundesweiten Durchschnitt sowie im übrigen Niedersachsen (siehe die folgenden Abbildungen).

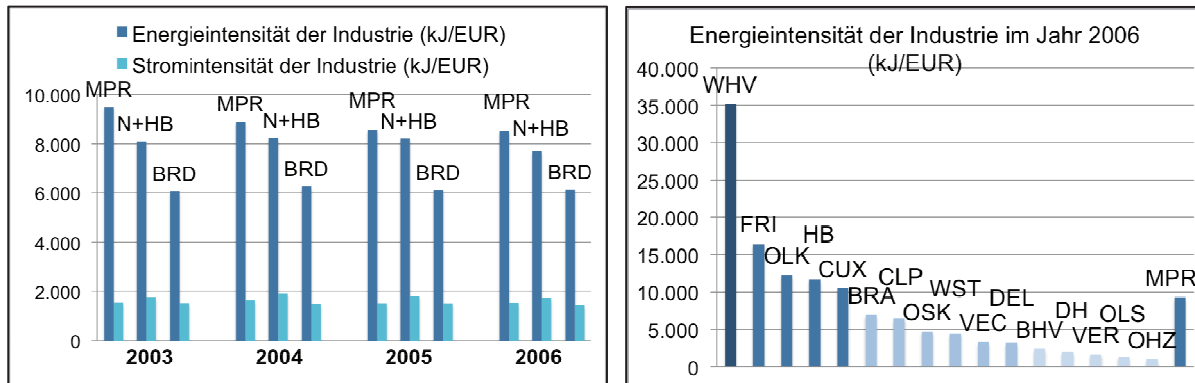


Abbildung 7: Energie- und Stromintensität der Industrie in der Metropolregion (in Bezug zur Bruttowertschöpfung) im Vergleich zu anderen Regionen (links: Niedersachsen und Bremen, Deutschland) und im Vergleich der Landkreise untereinander (rechts). Die Abbildung für die Energieintensität pro Beschäftigten hat in etwa denselben Verlauf wie die pro Wertschöpfung (eigene Darstellung, Daten: Regionalstatistik, kJ = Kilojoule = 10^3 Joule).

Die hohe Energieintensität ist vor allem auf den hohen Verbrauch an fossilen Energieträgern zurückzuführen. Den größten Einfluss haben dabei die Stadt Wilhelmshaven, insbesondere die dortige Chemieindustrie, und die Stadt Bremen, wo das Stahlwerk die treibende Kraft ist (siehe Abbildung 7). Die Industrie in den Landkreisen Friesland, Oldenburg und Cuxhaven ist zwar ebenfalls energieintensiv, der absolute Energieverbrauch jedoch eher gering. Der leichte Rückgang zwischen 2003 und 2006 entschärft die Energieabhängigkeit dabei nur geringfügig.

Für die Stromintensität gelten diese Aussagen im Übrigen nicht, hier hat die regionale Industrie ein mit deutschen Verhältnissen vergleichbares Niveau (s. Abbildung 7). Es ist also gerade die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, die in der Region für eine hohe Sensitivität in Bezug auf Störungen der Rohstoffversorgung verantwortlich ist.

Auf der Angebotsseite können sich Risiken bezüglich Kohle- und Erdgasversorgung aus einer hohen Importquote gepaart mit einer geringen Diversität der Lieferanten ergeben. Jedoch ist einerseits der Kohleimport ausreichend diversifiziert und andererseits von einer Entspannung des Erdgasmarktes in der Zukunft auszugehen (Gabriel & Meyer 2010). Mangels regionaler Zahlen konnte die Diversität der Lieferanten allerdings nicht quantifiziert werden.

Bei der Stromerzeugung kann sich eine zu starke Fokussierung auf einzelne Erzeugungsarten nachteilig auswirken, vor allem im Fall von Änderungen der wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen, welche im Energiesektor auf Grund der Klimaproblematik sehr wahrscheinlich sind. Da in der Region mehrere Industriehäfen liegen, die für den Steinkohleimport genutzt werden, ist die konventionelle Erzeugung in der Region in hohem Maße auf Steinkohle fokussiert. Noch stärker ist die Fokussierung bei den erneuerbaren Energien, da auf Grund der geographischen Gegebenheiten (Küstennähe, flaches Landschaftsprofil) überdurchschnittlich viel Windenergie produziert wird. Dies drückt sich in einem vergleichsweise niedrigen Diversitätsindex aus (s. Abbildung 8). Dabei ist jedoch zu beachten, dass der gewählte Index für größere Regionen typischerweise höher ist, da sich ungleiche Verteilungen ausmitteln.

Potenzielle Auswirkungen ergeben sich aus den oben angegebenen Indikatoren vorwiegend aus der Abhängigkeit der regionalen Wirtschaft von hohen Energiepreisen, insbesondere bei Gas und Kohle. Schwankungen bei den Weltmarktpreisen oder Verknappungen schlagen auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Region also stärker durch, als das bei anderen Regionen der Fall ist. Da gerade Kohle und Gas aber auch verhältnismäßig gut speicherbar sind (regional gesehen Gas besser als Kohle), besteht hier schon ein gewisser Schutz vor kurzfristigen Schwan-

kungen (Anpassungsgrad). Langfristige Preissteigerungen machen sich jedoch in der Region besonders deutlich bemerkbar.

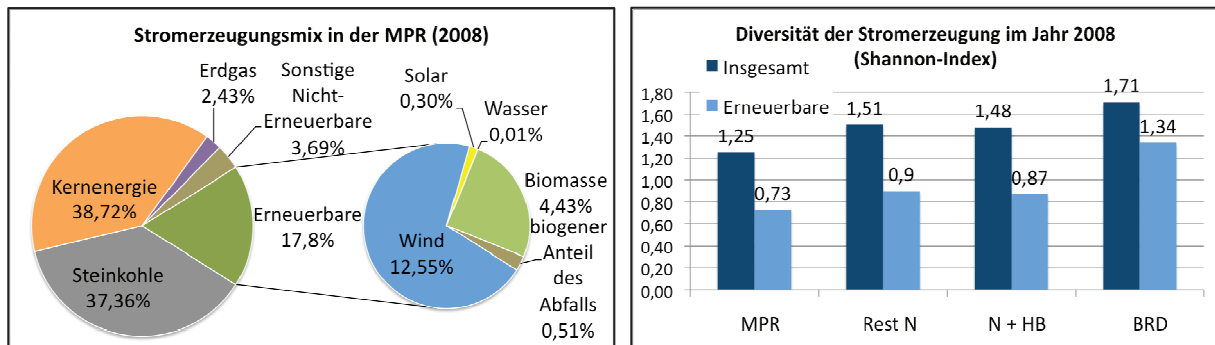


Abbildung 8: Stromerzeugungsmix der Metropolregion und zugehöriger Shannon-Index¹⁵ im Vergleich zum restlichen Niedersachsen (Rest N), Niedersachsen & Bremen zusammen (N + HB), sowie Deutschland insgesamt (BRD) (Eigene Berechnungen).

Bewertung der potenziellen Auswirkungen auf Basis der Indikatoren

Weiter oben haben wir die potenziellen Auswirkungen auf einzelne Wertschöpfungskettenstufen beschrieben. Aus den zuvor diskutierten Indikatoren ergeben sich darüber hinaus auch potenzielle Auswirkungen auf die Region insgesamt, genauer gesagt auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit. Die hohe Energieintensität der Industrie (s. Abbildung 7) ist ein klares Indiz für die strukturelle Sensitivität der Region bezüglich Engpässen bei der Energieversorgung. Da die Chemieindustrie in Wilhelmshaven weiter ausgebaut werden soll (Stadt WHV 2010) und die Schließung des Bremer Stahlwerks nicht mehr zur Debatte zu stehen scheint (NOZ 2010), ist eher von einer Verschärfung als von einer Verringerung dieser Sensitivität auszugehen. Dieser Umstand führt zu kurz- bis mittelfristig als hoch einzuschätzende potenzielle Auswirkungen für die regionale Industrie. Langfristig sind diese Auswirkungen allerdings nicht einzuschätzen.

Die Fokussierung bei der konventionellen Stromproduktion auf Steinkohle wird sich voraussichtlich in naher Zukunft durch die Inbetriebnahme eines Gas- und Dampfkraftwerks in Bremen merklich reduzieren (s. swb 2009). Außerdem sind auf dem Steinkohlemarkt aufgrund der weltweit gut verteilten Vorkommnisse keine größeren Gefahren bezüglich der Versorgungslage absehbar (Gabriel & Meyer 2010). Hinsichtlich der erneuerbaren Energien steht zwar kurzfristig ein leichter Rückgang des Windenergieanteils auf Grund der Inbetriebnahme eines Wasserkraftwerks in Bremen bevor (s. swb 2009), aber der Zubau weiterer Windenergieanlagen wird vermutlich vorschreiten (vgl. z. B. Freie Hansestadt Bremen 2009). Daher ist davon auszugehen, dass die Windenergieproduktion in der Region der dominierende Faktor bleibt. Alles in allem wird sich die Diversität der Stromerzeugung in der Region kurz- bis mittelfristig vergrößern. Die potenziellen Auswirkungen der Diversität der Stromerzeugung auf die Energieversorgung werden daher kurzfristig noch als mittel, mittel- und langfristig als gering eingestuft.

4.8.2 Anpassungskapazität

Im Folgenden wird nur auf die Anpassungskapazitäten der von den potentiellen Auswirkungen besonders betroffenen Wertschöpfungskettenstufen eingegangen, nämlich die leitungsgebundene Verteilung von Strom, Gas und Fernwärme sowie die Biomasseerzeugung zur Brennstoffversorgung. Falls nicht anders angegeben, folgt die Darstellung dem Bericht des BEI (Gabriel & Meyer 2010).

¹⁵ Für eine Zerlegung der Energieträger in Anteile p_i ist der zugehörige Shannon-Index gegeben durch $S = -\sum_i p_i \ln p_i$

Beschreibung der Anpassungskapazität

Anpassungsoptionen

Die wachsende Kühlwasserproblematik bei der Erzeugung in Großkraftwerken kann durch den Bau von Kühltürmen, die sich schon vielerorts erprobt worden sind, kurz- bis mittelfristig zumindest gemildert werden. Dies ist jedoch mit hohen Kosten und einem geringeren Wirkungsgrad verbunden. Darüber hinaus kann die Weiterentwicklung verbesserter Vorhersage- und Frühwarnsysteme dazu beitragen, die Auswirkungen extremer Wetterbedingungen auf die energiewirtschaftliche Infrastruktur adäquat(er) zu berücksichtigen und eine bessere Einbindung der Wind- und Solarenergieanlagen unter veränderten klimatischen Bedingungen zu gewährleisten (Schuchardt & Wittig 2008).

Die mögliche Entwicklung der MPR HB-OL zur Exportregion für regenerativen Strom ist mit großen wirtschaftlichen Chancen der regionalen Wertschöpfung verbunden. Der Entwicklung stehen aber auch deutliche Hemmnisse entgegen. Die Bereitstellung großer Speicherkapazitäten in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energien ist eine erforderliche Maßnahme zur Sicherung eines stabilen Netzbetriebs. Entsprechende Speichertechnologien sind verfügbar, teilweise auch regional schon erprobt (Druckluftspeicher-Kraftwerk Huntorf), ihre Entwicklung bis zur Marktreife erfordert jedoch in einigen Fällen noch große Anstrengungen. In den küstennahen Regionen liegen insbesondere für Wasserstoffspeicher gute Bedingungen vor, um für die Aufnahme von Energie aus Offshore-Windparks eingesetzt zu werden.

Mittelfristig könnten die Gas-Versorgungsnetze auf die H-Gasqualität umgestellt werden. Mittel- bis langfristig ist die Umstellung unvermeidbar und organisatorisch zwar aufwändig, aber kein unüberwindbares Problem. Dies würde zusätzlich die Anpassungsfähigkeit der Verbraucher erhöhen, da diese nun freier zwischen Anbietern wählen könnten.

Der Ausbau und die Vernetzung noch getrennter zentraler Fernwärmenetze bietet ein erhebliches Potenzial zur Minderung der CO₂-Emissionen. Der aktuelle Marktanteil und die Wärmeerzeugungskapazitäten bieten ein erhebliches Entwicklungspotenzial für Fernwärme im Land Bremen. Fernwärme könnte dann auch in größerem Maßstab für andere Energiedienstleistungen genutzt werden (Kühlen, Klimatisieren, Trocknen, Entfeuchten usw.)

Da viele Produkte der land- und forstwirtschaftlichen Primärproduktion bereits auf internationalen Märkten gehandelt werden, sind kurzfristig verstärkte Importe von Biomasse möglich. Die langfristige Entwicklung und Ausrichtung der regionalen Landwirtschaft ist jedoch an dieser Stelle nicht einschätzbar.

Einer stärkeren Gefährdung von Überlandleitungen kann durch Investitionen in stärker belastbare Komponenten und/oder die Verlagerung auf unterirdische Kabel begegnet werden (Ott & Richter 2008). Zudem sind Netzverstärkungen und ein optimiertes Einspeise- und Netzsicherheitsmanagement als Anpassungsoptionen denkbar (Smart Grids: vgl. z. B. das eTelligence Projekt in Cuxhaven). Mit diesen Maßnahmen kann auch den zunehmenden Spitzenlasten und der kürzeren Lebensdauer von Transformatoren entgegen gewirkt werden. Darüber hinaus kann die Weiterentwicklung verbesserter Vorhersage- und Frühwarnsysteme dazu beitragen, die Auswirkungen extremer Wetterbedingungen auf die energiewirtschaftliche Infrastruktur adäquat(er) zu berücksichtigen und eine bessere Einbindung der Wind- und Solarenergieanlagen unter veränderten klimatischen Bedingungen zu gewährleisten (Schuchardt & Wittig 2008). Ferner kann eine intensivierte Materialforschung helfen, den höheren klimatischen Anforderungen von Wind- und Solarenergieanlagen gerecht zu werden (Dunkelberg et al. 2009).

Die Verwendung von Biogas wird in vielen Anwendungsbereichen gesetzlich gefördert. Experten rechnen zukünftig damit, dass die Verstromung von Biogas unattraktiv wird und die direkte Vermarktung von Biogas die Verstromung überholen wird. Die Erschließung des Geschäftsfeldes „Bioerdgas“ stellt auch für die großen Gasversorger der MPR HB-OL eine wichtige Strategie im Gasvertrieb dar. Diese Anpassungsoption ist allerdings mit hohen Risiken versehen, da gerade im Konfliktfeld Ernährung/Energieproduktion noch mit langfristigen Auseinandersetzungen zu rechnen ist. Hier sind zur Risikominimierung vor allem zunächst Konfliktlösungswerkzeuge ge-

fragt. Bioenergiedörfer (gefördert durch das BMELV) könnten dafür geeignete Vorlagen für die Integration von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten liefern.

Der Einbezug von „Low Exergy Solutions“ (z. B. die Nutzung von Abwärme für Kühlung- und Klimatisierung) in die Wärmeversorgung bei gleichzeitigem Ausbau der Fernwärmeversorgung bietet eine Chance, CO₂-Einsparpotenziale zu erschließen, Primärenergieressourcen zu schonen, die Spitzenlasten im Stromnetz zu mindern und die Importabhängigkeit zu verringern.

Der Betrieb eigener Biogasanlagen bietet regionalen Gasversorgern den Wettbewerbsvorteil, dass die gesamte Wertschöpfungskette im Unternehmen abgedeckt werden kann. Die Konkurrenz zur Nahrungsmittelindustrie wird durch die Gasversorger als eher gering eingeschätzt, insbesondere wenn Energiepflanzen auf Brachflächen angebaut werden. Diese Wahrnehmung wird allerdings nicht von allen Akteuren geteilt; Flächennutzungskonflikte scheinen vorprogrammiert (Pfriem & Karlstetter 2010). Eine engere und konkretere Kopplung der Schnittstelle zwischen Raumplanung, Gesetzgebung und Wirtschaftsförderung sowie mit führenden Praxisnetzwerken und einzelnen Unternehmern kann einen Ansatz darstellen, um die regionale Anpassungskapazität im Bezug auf Flächenkonflikte bei der Biomassenutzung zu erhöhen. Die Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen (Gärreste, Stroh, Gülle, Mist, Exkrememente) kann diesen Konflikt teilweise entschärfen helfen, da diese eine landwirtschaftliche Produktion mit einer energetischen Nutzung verknüpfen (Helmich 2010).

Anpassungsbereitschaft

Die internationalen, nationalen und regionalen Energieversorgungssysteme sind derzeit in einem grundlegenden Umbruch begriffen, hauptsächlich vorangetrieben durch Klimaschutz und Liberalisierung der Märkte. Klimaanpassung ist dabei ein bisher wenig beachtetes Thema, nimmt aber in den letzten Jahren an Bedeutung zu, angeregt zum Beispiel durch die Entwicklung der deutschen Anpassungsstrategie. Obwohl Klimaanpassung derzeit nicht das zentrale Thema der Debatten in der Energieversorgung sein mag, entsteht durch den sich vollziehenden Wandel doch ein deutliches Möglichkeitsfenster. In Gesprächen mit lokalen Akteuren der Energiewirtschaft im Rahmen von Praxispartner-Workshops wurde klar, dass durch die sich abzeichnenden Umbrüche in den Erzeugungsstrukturen, den Transport- und Verteilnetzen sowie durch den Wandel von Konsumenten zu „Prosumenten“ (als Kombination von Produzenten und Konsumenten) ganz neue Unsicherheiten für die Energieversorger entstehen, welche durch Klimawandel verstärkt werden könnten. In diesem Sinne scheint die Energieversorgungswirtschaft durchaus eine Anpassungsbereitschaft zu entwickeln, wenn auch nicht als direkte Antwort auf Klimaveränderungen, sondern eher unter dem Aspekt dass durch Klimawandel jetzt schon absehbare Unsicherheiten noch vergrößert werden.

Allerdings fehlt aufgrund der Langfristigkeit bis zu spürbaren Auswirkungen des Klimawandels der operative Druck auf die Energieversorgungsunternehmen zur Umsetzung spezieller Anpassungsmaßnahmen. Das Eintreten von Extremwetterereignissen, die die Netzinfrastruktur und größere Erzeugungsanlagen gefährden, wird als so unwahrscheinlich eingestuft, dass Anpassungsmaßnahmen über schon bestehende Krisen- und Notfallstäbe hinaus als nicht Ziel führend angesehen werden. Da sich außerdem die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels nicht oder nur sehr bedingt mit Wahrscheinlichkeiten hinterlegen lassen, sind sie ökonomischen Effekte kaum zu quantifizieren. Aus diesem Grund schließen die Energieversorger viele Maßnahmen von vorn herein aus.

Dabei ist zu beachten, dass sowohl im Bereich Strom als auch im Bereich Gas Netzbetrieb und Vertrieb starken regulatorischen Eingriffen ausgesetzt sind. Dadurch kann selbst die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, die von diesen Gruppen als wünschenswert angesehen werden, nicht oder zumindest nur mit großen ökonomischen Nachteilen möglich sein. Beispiele sind die Umrüstung der Netze zu smart grids, deren Kosten bisher kaum bei der Bundesnetzagentur geltend gemacht werden können, und die Diversifizierung von Erdgaslieferanten, die mit höheren Einkaufspreisen verbunden ist, welche nicht an die Endkunden weitergegeben werden dürfen.

Um den nötigen operativen Druck zu erzeugen, ist das politisch-administrative System gefordert. Neben richtungsgebenden Maßnahmen sind dabei insbesondere die regulatorischen Hemmnisse zu adressieren.

Bewertung der Anpassungskapazität

Die Anpassungskapazität kann letztlich nur Wertschöpfungsketten-spezifisch beantwortet werden, da die Strukturen und Akteure der einzelnen WSK sich nur bedingt überschneiden. Daher geben wir hier unsere mit dem BEI erarbeitete Einschätzung nach WSKS getrennt wieder, wie bereits oben bei der Beschreibung und Bewertung der potenziellen Auswirkungen. Dabei werden die Aspekte Anpassungsfähigkeiten, Anpassungsoptionen und Anpassungsbereitschaft integriert betrachtet.

Leitungsgebundene Verteilung von Strom

- Die bereitwillige Ausstattung thermischer KW mit Kühltürmen stellt für die regionalen KW wegen ihrer nur mittleren Größe eine hohe Anpassungskapazität dar.
- Die Entwicklung der MPR HB-OL zur Exportregion für regenerativen Strom stellt ein großes Potenzial für die Stärkung der regionalen Stromversorgung dar. Dieses Potenzial beinhaltet unseres Erachtens kurz- bis mittelfristig eine geringe, langfristig eine mittlere Anpassungskapazität.
- Das Potenzial für große regionale Stromspeicherkapazitäten bietet kurzfristig nur einen geringen, mittel- bis langfristig jedoch einen hohen Beitrag zur Anpassungskapazität.
- Das Ausbaupotenzial des europäischen Binnenmarktes mit entsprechenden Wettbewerbswirkungen und der ohnehin notwendige Ausbau des nationalen und internationalen Stromnetzes liefert kurz-, mittel- und langfristig einen mittleren Beitrag zur Anpassungskapazität.
- Insgesamt wird daher die Anpassungskapazität in dieser WSKS als **mittel** eingestuft.

Leitungsgebundene Verteilung von Gas

- Der steigende Wettbewerb auf den Gasmärkten erhöht die Anpassungsfähigkeit beim Bezug von Gas und führt so kurzfristig zu einem mittleren Beitrag, mittel- bis langfristig zu einem hohen Beitrag zur Anpassungskapazität.
- Die Umstellung von Versorgungsnetzen von L- auf H-Gas erhöht die Angebotsvielfalt und beinhaltet so kurzfristig einen geringen Beitrag, mittel- bis langfristig einen hohen Beitrag zur Anpassungskapazität.
- Die Erschließung des Geschäftsfeldes „Bioerdgas“ trägt kurzfristig einen geringen Beitrag, mittel- bis langfristig einen mittleren Beitrag zur Anpassungskapazität bei, aber nur wenn gleichzeitig die Flächennutzungskonflikte durch geeignete Maßnahmen gelöst werden können.
- Insgesamt wird daher die Anpassungskapazität in dieser WSKS mit **mittel** bewertet.

Leitungsgebundene Verteilung von Fernwärme

- Der politisch gewollte Ausbau der Fernwärmenetze bietet erhebliches CO₂-Minderungspotenzial und kann kurzfristig einen geringen Beitrag, mittel- bis langfristig jedoch einen hohen Beitrag zur Anpassungskapazität liefern.
- Der Einbezug von „Low Exergy Solutions“ in die Wärmeversorgung und der Ausbau der Fernwärme können kurzfristig einen geringen Beitrag, mittel- bis langfristig einen hohen Beitrag zur Anpassungskapazität liefern.
- Insgesamt wird daher die Anpassungskapazität in dieser WSKS als **mittel** eingestuft.

Biomasseerzeugung zur Brennstoffversorgung

- Der Import von Biomasse zur energetischen Verwendung kann kurz- bis mittelfristig einen geringen Beitrag zur Anpassungskapazität bieten. Die langfristige Entwicklung ist nicht einschätzbar.
- Der Betrieb eigener Biogasanlagen durch regionale Gasversorger kann kurz-, mittel- und langfristig einen mittleren Beitrag zur Anpassungskapazität bieten, wenn die oben angesprochenen Flächennutzungskonflikte gelöst werden können.
- Die Schaffung von Bioenergieregionen in der MPR HB-OL kann kurz-, mittel- und langfristig einen mittleren Beitrag zur Anpassungskapazität liefern, wiederum nur wenn die damit einhergehenden Konflikte gelöst werden können (darunter auch die drohende Eutrophierungsgefahr und Bedrohung von Grundwasserkörpern, nicht ausgeglichene Humusbilanzen und Biodiversitätsprobleme).
- Die regionale Regulierung von Flächennutzungskonflikten könnte ein Ansatz sein, den Beitrag für die regionale Anpassungskapazität zu erhöhen. Bei der derzeit ungelösten Konfliktlage kann der Beitrag zur Anpassungskapazität kurz- mittel- und langfristig jedoch nur gering sein.
- Gesteigerte Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen oder eine Ganzpflanzenverwertung kann einige der mit der Biomasse verbundenen Konflikte entschärfen, welches dann einen Beitrag zur Anpassungskapazität ergibt, der kurz- bis mittelfristig als gering, langfristig als mittel eingeschätzt wird.
- Insgesamt wird daher die Anpassungskapazität in dieser WSKS mit **mittel** bewertet.

4.8.3 Vulnerabilitätsbewertung

Die abschließende Einschätzung der Vulnerabilität erfolgt als Synthese aus den zwei Bestandteilen potenzielle Auswirkungen und Anpassungskapazität. Da die hier vorgestellte VA (wie auch die Studie des BEI) als qualitative Analyse erfolgt, wird abschließend eine qualitative Bewertung der Vulnerabilität in den Ausprägungen „gering“, „mittel“ und „hoch“ vorgenommen. Dabei erfolgt für die Vulnerabilität keine Einordnung nach Fristigkeiten; vielmehr wird für die betrachteten WSKS aus den potenziellen Auswirkungen und der Anpassungskapazität sozusagen eine „durchschnittliche Vulnerabilität“ ermittelt. Damit basiert die qualitative Bewertung der Vulnerabilität entscheidend auf der Einstufung der potenziellen Auswirkungen und der Anpassungskapazität nach „Höhe der potenziellen Auswirkung“ und einer entsprechenden Gewichtung der Fristigkeiten durch die Bearbeiter. Grundlegend ist das Vorgehen daran orientiert, dass hohe potentielle Auswirkungen durch eine hohe Anpassungskapazität kompensiert werden können, während schon geringe potenzielle Auswirkungen bei geringer Anpassungskapazität zu einer nicht zu vernachlässigenden Vulnerabilität führen können. Die genaue Methodik der Aggregation der Einzelergebnisse ist im Hauptbericht zur VA des Energie-Clusters (Wachsmuth et al. 2011), sowie im Bericht des BEI nachzulesen (Gabriel & Meyer 2010: 124 ff.).

Nachfolgend werden die zentralen Erkenntnisse der Vulnerabilitätsanalyse im Cluster Energie der MPR HB-OL zusammenfassend vorgestellt. Hierbei werden alle untersuchten WSKS betrachtet. In Tabelle 6 ist eine Übersicht der Bewertung der Vulnerabilität (aggregierte Bewertung für potenzielle Auswirkungen und Anpassungsfähigkeit) in den betrachteten WSKS dargestellt.

Tabelle 6: Übersicht über die Vulnerabilität der betrachteten WSKS

	Primärenergie			Leitungsgebundene Energieverteilung			Anwendungen	
	Kohle	Gas	Biomasse	Strom	Gas	FW	Kälte	Lastmanagement
klimawandelbezogene Vulnerabilität	gering	gering	mittel	mittel	mittel	mittel	gering	gering
strukturelle Vulnerabilität	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	gering

Die Ergebnisse der VWSKA lassen sich auf die folgenden zentrale Punkte zusammenfassen:

1. Die **potenziellen klimawandelbezogenen Auswirkungen** der Energiewirtschaft sind überwiegend „mittel“, in drei WSKS nur „gering“.
2. Die **potenziellen strukturellen Auswirkungen** der Energiewirtschaft werden in fünf der acht WSKS um eine Stufe stärker eingeschätzt als die klimawandelbedingten potenziellen Auswirkungen. In allen WSKS werden sie mindestens als „mittel“ eingeschätzt, in den Bereichen Biomasse und Stromversorgung als „hoch“. Die strukturelle Anfälligkeit wird durch die vorgestellten Indikatoren Energieintensität und Stromerzeugungsdiversität untermauert.
3. Die **Anpassungskapazität** ist sowohl für die potenziellen klimawandelbezogenen als auch für die potenziellen strukturellen Auswirkungen relevant. Sie wird in sieben WSKS als „mittel“ und in einer WSKS, nämlich dem dezentralen Lastmanagement, als „hoch“ eingeschätzt.
4. Die **klimawandelbezogene Vulnerabilität** der Energiewirtschaft wird in vier WSKS als „gering“ eingeschätzt und in vier WSKS als „mittel“. Dabei weist die leitungsgebundene Energieversorgung mit dreimal „mittel“ die stärkste Vulnerabilität auf; in den Bereichen Primärenergie und Anwendungen dominiert die Einschätzung „gering“.
5. Die **strukturelle Vulnerabilität** der Energiewirtschaft wird insgesamt als höher eingeschätzt als die klimawandelbezogene Vulnerabilität, vor allem da die potenziellen Auswirkungen höher ausfallen. Fünf der acht WSKS erhielten in diesem Analyseteil die Bewertung „mittel“, die WSKS Biomasseerzeugung zur Brennstoffversorgung und leitungsgebundene Stromversorgung die Bewertung „hoch“ und die WSKS dezentrales Lastmanagement als einzige die Bewertung „gering“.
6. Die in sieben betrachteten WSKS als „mittel“ und nur einmal mit „hoch“ bewertete **Anpassungskapazität** ist der entscheidende Faktor dafür, dass die Vulnerabilität nur in zwei der 16 bewerteten Fälle als „hoch“ eingeschätzt wird. Denn eine mittlere Anpassungskapazität führt gemäß Gabriel & Meyer (2010: 124 ff.) dazu, dass der Grad der Vulnerabilität dem der potenziellen Auswirkungen entspricht, und eine hohe Anpassungskapazität führt dazu, dass der Grad der Vulnerabilität eine Stufe unter dem der potenziellen Auswirkungen liegt (außer bei geringen Auswirkungen).
7. Es ist festzuhalten, dass die bisherigen Erkenntnisse darauf hinweisen, dass die Erbringung der (direkten) Systemdienstleistung – verstanden als die sichere Versorgung mit Energie – kurzfristig (bis 2015) nur bedingt gefährdet ist. Langfristig (bis 2050) sind vor allem auf der strukturellen Ebene, also z. B. durch verschiedene Regulierungseffekte und dem Alter der Infrastrukturen in Kombination mit einem erhöhtem Anteil erneuerbarer Energien und einem noch unklaren Fortschritt im Ausbau der Netze eine Vielzahl von Faktoren vorhanden, die sich zusammen ungünstig auf die sichere Versorgung mit Energie auswirken können. Dies ist aber vor dem Hintergrund der bisher sehr stabilen und verlässlichen Versorgungsstruktur zu bewerten, die in Deutschland derzeit vorhan-

den ist. Als problematisch könnte sich hier eventuell erweisen, dass weite Teile der Gesellschaft heute über wenig Erfahrungswissen im Umgang mit Störungen besitzen und das Funktionieren von sehr vielen gesellschaftlichen Prozessen stark von der Verfügbarkeit von Energie abhängt.

8. Im Bereich der Erfüllung der Qualitätsansprüche an die Systemdienstleistungen ist vor allem auf die Interessenskonflikte hinzuweisen, die im Bereich der Energieversorgung über kurz oder lang auftreten werden, bzw. schon jetzt zu Tage treten. So ist bei den Themen Netzausbau, Anteil von erneuerbaren Energien am Gesamtstrommix, und mit diesen beiden zusammenhängende Flächennutzungskonflikte und letztendlich auch die Energie-Preisentwicklung in der Zukunft mit teilweise erheblichen gesellschaftlichen Auseinandersetzungen zu rechnen, welche unserer Ansicht nach durch den voranschreitenden Klimawandel deutlich verschärft werden. Hierdurch kann das Qualitätskriterium „gesellschaftliche Akzeptanz“ (s. Definition der Systemdienstleistungen in Fichter et al. 2010: 26ff) zumindest in Gefahr geraten oder es können gewisse Anpassungsoptionen blockiert werden.
9. Alle Maßnahmen zur Erhöhung der Anpassungskapazität haben neben einer ökonomischen und technischen Dimension auch immer eine soziale Dimension. Diese beinhaltet vor allem auch die Veränderung von Alltagsroutinen und bestimmten Verhaltensgewohnheiten, die sich nur sehr langsam ändern lassen. Das Potenzial für Anpassung im Bereich der Endkunden (z. B. Lastmanagement, Speicherung von Strom in Elektroautos, etc.) ist auch für eine Anpassung an den Klimawandel relevant, wird aber unserer Ansicht nach überschätzt oder zumindest nicht adäquat in die Überlegungen und Strategien der Energiewirtschaft integriert.

Die zwei energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskettenstufen mit einer als „hoch“ eingeschätzten Vulnerabilität sollen hier noch etwas ausführlicher vorgestellt werden:

Die WSKS „**Biomasseerzeugung zur Brennstoffversorgung**“ weist eine hohe strukturelle Vulnerabilität auf. Diese Bewertung hat ihre Ursache einerseits in den hohen potenziellen strukturellen Auswirkungen und andererseits in einer „nur“ mittleren Anpassungskapazität. Die Untersuchung im Rahmen dieser VA hat gezeigt, dass die Biomasseerzeugung für die energetische Nutzung in einem sehr komplexen Umfeld stattfindet: Rechtliche Vorgaben verschiedenster Ebenen, Beziehungskonflikte und Kommunikationsdefizite zwischen den Akteuren, Abhängigkeiten zwischen Biomasseerzeugern und -verarbeitern und dazu ein ökonomischer Rahmen, der lokale, nationale, europäische und globale Einflüsse vereint, schaffen einen kaum zu überblickenden Handlungsrahmen. Die Flächennutzungskonkurrenz mit der Wertschöpfungskette Ernährung kommt mit dem moralischen Anspruch „Teller vor Trog vor Tank“ hinzu. Gleichzeitig gibt es in der marktwirtschaftlichen Wirtschaftsordnung keinen geeigneten gesellschaftlichen politischen oder rechtlichen Rahmen zur Lösung der anstehenden Konflikte. Diese Wertschöpfungskette bräuchte zur Lösung ihrer Probleme eine hohe Anpassungskapazität. Tatsächlich ist diese aber nur als „mittel“ eingestuft.

Die WSKS „**Leitungsgebundene Verteilung von Strom**“ weist ebenfalls eine hohe strukturelle Vulnerabilität auf. Diese Bewertung leitet sich einerseits aus hohen potenziellen strukturellen Auswirkungen und andererseits aus einer „nur“ mittleren Anpassungskapazität ab. Bei der Stromversorgung handelt es sich um einen Wirtschaftszweig, der stark von politischen Entscheidungen auf Bundes-, Landes- und EU-Ebene abhängt, zugleich sehr stark vermachtete Marktstrukturen besitzt, aber auch in den letzten Jahrzehnten in bestimmten Bereichen einen Mangel an Fortschritten und Innovationen aufwies. Außerdem wurden die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit bei zukünftig steigendem Anteil der EE-Stromerzeugung sowie der wirtschaftliche und rechtliche Rahmen der Verteilnetzbetreiber als Faktoren mit hohen potenziellen strukturellen Auswirkungen identifiziert. Investitionsnotwendigkeiten und Investitionsbedingungen scheinen aus der Sicht der Bearbeiter in diesem Sektor noch nicht wirklich zusammenzupassen. Gleichzeitig fehlt es an einer entsprechend hohen Anpassungskapazität auf Seiten der Politik, insbesondere auf der Bundesebene. In den letzten Jahren haben die verschiedenen Bundesregierungen ohne einen gesamtgesellschaftlichen und parteiübergreifenden Konsens eher kurzfristige energiepolitische Einzelentscheidungen getroffen, während die Energiewirtschaft einen lang-

fristigen stabilen und in sich konsistenten Rahmen benötigt. Daran konnte auch das neue Energieprogramm der Bundesregierung nicht wirklich etwas ändern, da durch die Verlängerung der Laufzeiten der Kernkraftwerke erstens wichtige Anreize für die weitere Diversifizierung der Energieversorgung fehlen und zweitens wenig konkrete regulative Rahmenfestsetzungen zu erkennen sind.

Abschließend sollen noch einmal die in Abbildung 5 dargestellten Wertschöpfungsketten (WSK) „Strom“, „Gas“ und „Fern-/Nahwärme“ insgesamt in den Blick genommen werden. Hier wird die vorgenommene Bewertung der einzelnen Wertschöpfungskettenstufen nicht noch weiter aggregiert, sondern unter Bezugnahme auf die oben beschriebenen Vulnerabilitäten zusammengefasst, welche Stufen der WSK wie vulnerabel sind.

- **WSK „Strom“:** Besonders verletzlich sind die WSKS „Stromerzeugung und -verteilung“ und die WSKS „Brennstoffversorgung“ im Bereich der Biomasse, wo jeweils eine mittlere klimawandelbezogene und eine hohe strukturelle Vulnerabilität vorliegt. Die Vulnerabilitäten bei der Rohstoff-Versorgung, dem Bereich „Logistik/Transport“ von Erdgas und Kohle und der Kälteanwendung liegen jeweils eine Stufe darunter. Die Vulnerabilität des dezentralen Lastmanagements als Teil der „Stromanwendung“ fällt in beider Hinsicht gering aus.
- **WSK „Gas“:** Während die Rohstoff-Versorgung und der Bereich „Logistik/Transport“ von Erdgas nur eine geringe klimawandelbezogene und eine mittlere strukturelle Vulnerabilität aufweisen, sind bei der leitungsgebundenen Verteilung von Gas zumindest beide Vulnerabilitäten mit „mittel“ bewertet. Da die Anwendung von vorn herein als wenig verletzlich angesehen wurde, wurde sie nicht weiter untersucht.
- **WSK „Fern-/Nahwärme“:** Durch den vermehrten Einsatz von Biomasse als Brennstoff liegt bei der Brennstoffversorgung wieder eine mittlere klimawandelbezogene und eine hohe strukturelle Vulnerabilität vor. Für die leitungsgebundene Verteilung gilt das gleiche wie bei der Gasversorgung. Ebenso wurde die Anwendungsseite nicht weiter untersucht, weil auch sie von vorn herein als wenig verletzlich angesehen wurde. Hier eröffnen sich aber Chancen durch die Nutzung von Wärmequellen im Bereich von Kälteanwendungen.

Um die Frage zu beantworten, wie das Energieversorgungssystem im Hinblick auf die Vulnerabilitäten im Einzelnen gestaltet werden sollte, müssen einerseits Forschungen zu variablen und flexiblen Technologien weiter vorangetrieben werden (z. B. zu multi-input-multi-output Energiewandlern, zu abkoppelbaren Inselnetzen oder zu lokalen und regionalen Speicher- und Lastmanagementsystemen), welche für die dezentrale und anpassungsfähige Energieversorgung den technischen Hintergrund bilden. Andererseits müssen Fragen nach der Umsetzung von solchen Energieversorgungssystemen in bestehenden sozio-technischen Strukturen beantwortet werden. In diesem Kontext sind Fragen nach der Balance von zentralen und dezentralen Strukturen und den dazugehörigen Akteurskonstellationen zu beantworten. Ferner müssen die Bedingungen für einen adaptiven Umgang mit schleichenden und abrupten Veränderungen (klimatisch, technologisch, ökonomisch und sozial-politisch) in der Energieversorgung beleuchtet werden, um Gestaltungsoptionen für ein über alle Ebenen resilientes Energieversorgungssystem zu gewinnen.

4.9 Hafenwirtschaft & Logistik

Winfried Osthorst, Anna Meincke, Joachim Nibbe & Christine Mänz

Die wirtschaftlichen Aktivitäten in den Häfen und der hafennahen Logistik gelten - mit einem über 30 Prozent liegenden Anteil am BIP - als ein zentraler Treiber für wirtschaftliches Wachstum in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL)¹⁶. Aufgrund dieser Bedeutung wurde die Hafen- und Logistikwirtschaft als einer von drei zentralen branchenspezifischen Projektbereichen

¹⁶ Siehe hierzu: <http://www.wirtschaft.bremen.de/sixcms/detail.php?gsid=bremen109.c.2596.de>; Zugriff 29.11.2011

(Clustern¹⁷) im Projektverbund ‚nordwest2050‘ ausgewählt. Die vorliegende Untersuchung stellt als Teilprojekt 5.5 die sektorale Vulnerabilitätsanalyse für den Arbeitsbereich Hafenwirtschaft & Logistik dar. Ziel ist dabei die Generierung eines Analyserasters, das sowohl der Bestimmung der Verletzlichkeiten als auch der Bewertung der Anpassungskapazitäten des Clusters Hafenwirtschaft & Logistik im Nordwesten dient. Auf dieser Basis kann dann eine Bewertung vorgenommen werden.

Die hier dargestellten Ergebnisse basieren auf einem umfassenderen Arbeitspapier des Projektbereiches Hafenwirtschaft & Logistik in der MPR HB-OL (Nibbe et al. 2011; Osthorst & Mänz 2012), in dem die Clusterstrukturen differenziert und gegenüber den regionalen Klimaveränderungen (vgl. Schuchardt et al. 2010b und Kapitel 3) analysiert werden. An dieser Stelle werden die zentralen Argumentationsleitlinien und Aussagen zusammenfassend abgebildet. Die Darstellung gliedert sich in die beiden Teilbereiche Sensitivität und potenzielle Auswirkungen (s. Kap. 4.9.1) sowie Anpassungskapazität (s. Kap. 4.9.2). In Kapitel 4.9.3 wird die Vulnerabilität des Clusters in der Metropolregion abschließend bewertet. Wichtige inhaltliche Vorarbeiten für die sektorale Vulnerabilitätsanalyse sind Arbeitsergebnisse anderer Teile des Projektes, insbesondere die Arbeitspapiere „Klimaszenarien für ‚nordwest2050‘“ Teil 1 und 2 (Schuchardt et al. 2010a und 2010b; s. Tabelle 19 im Anhang) sowie die Zwischenberichte des Instituts für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) „Entwicklungsperspektiven des Clusters Logistik in der Metropolregion Bremen-Oldenburg“ (ISL 2010a) und „Prozessbegleitung im Cluster Logistik in der Metropolregion Bremen-Oldenburg“ (ISL 2010b). Zudem war der „Leitfaden zur vulnerabilitätsbezogenen Wertschöpfungskettenanalyse“ von Akamp et al. (2010) grundlegend für die konzeptionelle Gestaltung der clusterspezifischen Vulnerabilitätsanalyse. Diese Analyse integriert sowohl die Methodik einer strukturellen (allgemeine Schwachstellenanalyse: s. Fichter et al. 2010) als auch einer ereignisbezogenen (Bezug auf spezifische auslösende Ereignisse) Vulnerabilitätsanalyse und basiert auf umfassenden Literaturrecherchen, Expertenwissen sowie empirischen Erhebungen. Im Rahmen der empirischen Arbeit hat das ISL Experteninterviews mit einschlägigen Akteuren des Clusters geführt, Workshops abgehalten und eine Fallstudie durchgeführt, die Wertschöpfungs- bzw. Transportkette hat ihren Ausgangspunkt in der Metropolregion und wurde auf ihre Vulnerabilität hin analysieren. Dabei handelt es sich um den die Transportkette Bierexporte. Aufgrund der internationalen wirtschaftlichen Vernetzung sind nicht nur direkte regionale Klimaauswirkungen auf die MPR HB-OL entscheidend, sondern auch globale Veränderungen müssen aufgrund der starken Abhängigkeit der regionalen Wertschöpfungsketten mit in die Analyse einbezogen werden (‚nordwest2050‘ 2008: 87-88, 141-142 und Kapitel 5.2). Aus diesem Grund wurde die Transportkette „Baumwolltransport aus Indien“ in Form einer Fallstudie untersucht.

Insgesamt dienen die erarbeiteten Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse im Cluster Hafenwirtschaft & Logistik als Grundlage, um in der weiteren Projektarbeit Anpassungsstrategien mit den regionalen Akteuren zu erarbeiten.

4.9.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Hafen- und Logistikwirtschaft werden durch die zu erwartenden klimawandelbedingten Störereignissen und die Sensitivitäten bestimmt (s. Kap. 2). Um verallgemeinerbare Aussagen treffen zu können, ist eine Kategorisierung erstellt worden, die die verschiedenen potenziellen Auswirkungen des Klimawandels für unterschiedliche Sensitivitätsdimensionen des Clusters differenziert. Dabei lassen sich vier Dimensionen voneinander abgrenzen: *Elemente der betrieblichen Wertschöpfungsketten*, *Kritische Infrastrukturen*, *strukturelle Verschiebungen* und *Raumfunktionen*. Charakteristisch für die ersten beiden Dimensionen ist, dass sie direkt durch den Klimawandel beeinträchtigt werden können, während die anderen beiden nur dann eine Beeinträchtigung erfahren, wenn es zu potenziellen Auswirkungen in den beiden ersten Dimensionen kommt. Daher werden diese Auswirkungen als indirekte bezeichnet. Die vier verschiedenen Dimensionen werden im Folgenden vorgestellt.

¹⁷ Es sei darauf hingewiesen, dass der Begriff *Cluster* innerhalb der ‚nordwest2050‘-Architektur den jeweiligen Projektbereich bezeichnet, in diesem Fall also den Bereich Hafenwirtschaft & Logistik, und im Folgenden auch zur Bezeichnung dieses Projektbereichs verwendet wird. Hingegen ist das Konzept des Clusters als wirtschaftswissenschaftlicher Terminus (etwa im Sinne Porters 1998) anschlussfähig an Konzepte der Regionalentwicklung, die die Bedeutung kultureller Dimensionen und institutioneller Arrangements hervorheben (Bracyk & Heidenreich 1998; Läßle 2001) und wird, um Missverständnissen entgegen zu wirken, bei der Verwendung in diesem Sinne im Folgenden der Bezeichnung *Sektor* gleichgesetzt.

Bei den Klimaveränderungen ist zwischen regionalen und globalen Verschiebungen zu unterscheiden. Auch zeigen sich Unterschiede bei den Auswirkungen von Extremwetterereignissen (z. B. Starkregenereignisse) und der Veränderung von Durchschnittswerten (z. B. Anstieg des Meeresspiegels), da dies die Wirtschaftsakteure in unterschiedlicher Weise betrifft. Bei den Auswirkungen dieser Veränderungen ist zwischen direkten und indirekten zu unterscheiden. Ersteren sind Schäden an Standorten, Gebäuden/Lagerflächen und Transportmitteln zu zurechnen. Bei den Standorten kann zwischen Überflutungen aufgrund von Starkregenereignisse, Hochwasser von Flüssen oder Deichbruch bei Sturmfluten unterschieden werden. Beschädigung der Baustruktur und/oder Schäden an Maschinen und gelagerten Waren durch Hochwasser- und Sturmereignisse oder Starkniederschläge betreffen die Gebäude/Lagerflächen. So kann auch das Be- und Entladen der Schiffe am Hafen durch erhöhte Windgeschwindigkeiten erschwert werden. Und auch die Schiffe selbst sind bei Sturmereignissen sowohl im Hafen als auch auf See potentiell betroffen (ISL 2010b: 3-14). Durch anhaltende Hitzeperioden kann es bei verderblichen Waren zu Problemen bei der Kühlung kommen. Verdeutlichen lässt sich dies am Beispiel der Biertransporte. Die Temperaturbelastung für den Transport von Bier wird derzeit bereits als kritisch bewertet, da bei einer Außentemperatur von 30°C die Temperatur unter der Plane des LKWs diese bis zu 60°C ansteigen kann. (ISL 2010b: 3-6 bis 3-7). Allerdings wäre hier, um eine fundierte Aussage treffen zu können, eine Analyse der jeweiligen Energieversorgungsstrukturen notwendig, die zwar nicht im Cluster Hafenwirtschaft & Logistik, jedoch im Rahmen einer Vulnerabilitätsanalyse der Energieversorgung der Metropolregion durchgeführt wird (Gabriel & Meyer 2010; s. Kap. 4.8). Bei den Transportmitteln sind Beschädigungen von Schiffen durch Hochsee-Sturmereignisse oder verringerte Nutzungsdauer von Containern/Planen aufgrund verstärkter Abnutzung durch Witterungseinflüsse möglich. Zudem können LKWs aber auch Züge durch Stürme beschädigt werden. Ein Beispiel für die Folgen veränderter Durchschnittswerte sind morphologische Veränderungen in den Schifffahrtsstrassen, die aufgrund des Anstiegs des Meeresspiegels auftreten können und zusätzliche Ausbaggerungen der Fahrrinnen nach sich ziehen und damit zu finanziellen Belastungen und Herausforderungen für die Infrastrukturanbieter werden (ISL 2010b). Diese direkten Wirkungen auf die konkreten Betriebsmittel der Hafen- und Logistikakteure können als *Elemente der Wertschöpfungskette* zu einer Dimension zusammengefasst werden. Auch die *Kritischen Infrastrukturen* sind durch direkte Auswirkungen betroffen. Diese Kategorie bezieht sich auf öffentliche Infrastrukturen wie Straßen, Eisenbahnen, Wasserstraßen sowie Energie- oder Telekommunikationsnetze, die als Basisstrukturen der Leistungsfähigkeit moderner Wirtschaftsbereiche gelten können. Auch der Küstenschutz ist diesem Bereich zuzuzählen. Bei direkten Wirkungen handelt es sich somit um absolute Gefährdung von Sachwerten, die durch technische, organisatorische oder administrative Maßnahmen geschützt werden können und bei denen Innovationen leicht auf andere Zusammenhänge übertragbar sind.

Die anfallenden Schäden entstehen lokal, können aber auch regionale bzw. globale Folgen haben, die als indirekt bezeichnet werden können. Somit können direkte Wirkungen von Klimaveränderungen *indirekte* nach sich ziehen. Dabei ist zwischen *strukturellen Verschiebungen* und der *Veränderung der Raumfunktion* zu unterscheiden. Strukturelle Verschiebungen werden durch die Auswirkungen des Klimawandels auf einige Unternehmenstypen ausgelöst. Damit können Veränderungen des Akteursgefüges innerhalb der Metropolregion einhergehen. Welche Folgen und Auswirkungen dies hat, ist von der jeweiligen Raumfunktion der betroffenen Akteure abhängig.

Lokal agierende Unternehmen, wie beispielsweise die verschiedenen Fährbetriebe zu den ostfriesischen Inseln, können nur begrenzt strukturelle Verschiebungen innerhalb der Region auslösen. Klimawirkungen, insbesondere Extremwetterereignisse, können zu Gewinneinbußen der Betreibergesellschaften führen. Andere klimatische Veränderungen, wie die Erhöhung der Durchschnittstemperaturen, können aber auch positive Effekte nach sich ziehen (günstigerer thermischer und ästhetischer Verhältnisse: s. Kap. 4.10). Es wäre beispielsweise möglich, dass jetzige Nachsaisonmonate zur Hauptsaison werden und in diesen Monaten mehr Touristen die Inseln besuchen wollen. Die Auslastung der Fähren würde sich dann erhöhen und die Bilanzen der Fährbetriebe positiv beeinflussen. Betroffen wären hiervon insbesondere einzelne Betriebe und die lokale Tourismusbranche.

Regional agierende Akteure können durch ihre Reaktionen auf Klimafolgen Veränderungen der Binnenstruktur der Metropolregion bewirken und zu strukturellen Verschiebungen führen. Die Häfen Brake, Oldenburg, Wilhelmshaven und Nordenham sind hier besonders bedeutsam. Die

genannten Häfen weisen bislang starke monostrukturelle Charakteristika auf. Hierdurch steigt das Risiko struktureller Verschiebungen, falls ein Akteur innerhalb der Wertschöpfungskette besonders negativ von den Auswirkungen des Klimawandels beeinflusst wird und ökonomische und soziokulturelle Veränderungen für nachgelagerte Segmente der Wertschöpfungsketten in der Region die Folge wären. In Wilhelmshaven bezieht sich dies auf den Umschlag von Rohöl und Mineralölprodukten, in Oldenburg und Brake auf Getreide und Futtermittel und für Nordenham auf Kohle und Koks. Bei diesen spezialisierten Mittelhäfen können nicht nur lokale Klimaveränderungen, sondern auch globale, die über die jeweils dominierende Wertschöpfungskette in die Metropolregion importiert werden, eine zentrale Rolle spielen. Durch Störungen dieser Wertschöpfungsketten in Absatzgebieten oder den Herkunftsgebieten von Vorprodukten besteht bei solchen Häfen das Risiko negativer wirtschaftlicher Auswirkungen für die Region durch den Verlust der Raumfunktion.

Das Ausmaß des Risikos hängt wesentlich von den spezifischen Charakteristika der Branche und der betroffenen, globalisierten und spezialisierten Wertschöpfung ab. Sehr allgemein wären jedoch für den Fall klimabedingter Rückgänge des Wirtschaftswachstums und der globalen Produktion Umschlagseinbußen zu erwarten. Als Beispiel soll die Fallstudie zur Transportkette Lebensmitteltransporte herangezogen werden. Bei der Infrastruktur ist die Kette Bierexporte potenziell negativ durch die indirekten Folgen von verstärktem Niederschlag betroffen, der in den Alpen schon heute zu Erdbeben als Ursache für Unterbrechungen von Verkehrsverbindungen führen kann. Schnee und Eis sind weiterhin ebenso problematisch – allerdings nach den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien (s. Schuchardt et al. 2010b) mit abnehmender Tendenz – für öffentliche Infrastrukturen, wie Hitzewellen und Überschwemmungen, die zu Verzögerungen im Betriebsablauf und Beschädigungen der Betriebsmittel und Transportgüter führen können. In der Folge können für die gesamte Kette finanzielle Einbußen entstehen (ISL 2010b: 3-6 bis 3-7). Daraus resultierende indirekte Auswirkungen wie finanzielle Einbußen oder geringere Zuverlässigkeit können im Extremfall zu strukturellen Verschiebungen innerhalb der Transportketten führen. Für die Kette Lebensmitteltransporte bedeutet das, dass der durch den Klimawandel erschwerte Transport nach Italien zu steigenden Transportkosten führt und somit der italienische Markt als Absatz- und Exportziel deutscher Bierproduktion potenziell gefährdet wäre, wenn sich dort zunehmend lokale Alternativen durchsetzen können. In diesem Fall wäre der Hersteller (Beck's Brauerei bzw. der InBev Konzern) von strukturellen Verschiebungen potenziell betroffen. Aufgrund der wirtschaftlichen Größe und Bedeutung des InBev Konzerns ist jedoch davon auszugehen, dass finanzielle Einbußen innerhalb der Kette übertragen werden können. In diesem Fall wäre die fragliche Spedition die Organisation, welche störungsbedingte Ausfälle und Verzögerungen zu verantworten hätte; allerdings ist auch hier die Sensitivität gegenüber strukturellen Verschiebungen aufgrund der Position von Terratrans als Marktführer im LKW-Verkehr nach Italien, Spanien und Portugal als gering zu bewerten (ISL 2010b).

Eine dritte Akteursgruppe bilden die so genannten Schlüsselakteure einer Region. Für die Hafen- und Logistikwirtschaft sind dies die großen Reedereien Maerks Gruppe und MSC, Unternehmen der Hafenumschlags- und Containerbranche wie Eurogate sowie die Vertriebs- und Service-Spezialisten wie DHL, Kühne & Nagel oder Hellmann. Sie sind in der Lage aufgrund von reduzierter Profitabilität am Standort mit veränderten Managementstrategien zu reagieren, einschließlich der Reorganisation ihrer unternehmerischen Handlungsfelder oder Standortverlagerungen. Sollten sich diese entscheidenden Akteure mit einer Situation konfrontiert sehen, die den Erhalt ihrer Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigen würde, könnte dies für die Region negative Folgen haben. Dies käme einem Verlust der Stellung der Region als Knotenpunkt im europäischen Wirtschaftsraum gleich. Damit einhergehen würden strukturelle Verschiebungen, die für die Region von erheblicher sozio-ökonomischer Relevanz sein dürften. Dass solche Akteure eine Standortentscheidung lediglich von den Auswirkungen des Klimawandels abhängig machen, kann jedoch als unwahrscheinlich angesehen werden, insbesondere da die Häfen der Nordrange grundsätzlich von denselben Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein werden. Jedoch ist damit zu rechnen, dass die Bedeutung regionaler Managementqualitäten von öffentlichen Einrichtungen bzw. der Qualität der Kooperationsbeziehungen der regionalen Governancestrukturen für die Kalküle großer Konzerne weiter zunimmt und diese Kompetenzen deshalb für die Region eine noch zentralere Stellung einnehmen werden als dies bereits gegenwärtig der Fall ist (grundsätzlich: Krätke 2001). Die Tatsache, dass Hafenverwaltungen weltweit das Problem struktureller

Verschiebungen durch den Klimawandel noch nicht als Risiko wahrnehmen (Becker et al. 2010), erhöht die potenziellen Auswirkungen in diesem Bereich zusätzlich.

Die folgende Tabelle 7 fasst die bisherigen Ergebnisse zusammen und zeigt, dass vereinfachte Aussagen über die Sensitivität des Sektors nicht möglich sind, sondern zwischen direkten und den daraus abzuleitenden indirekten Auswirkungen zu differenzieren ist. Die Stärke der strukturellen Verschiebungen, die von der Raumfunktion der Akteure und der Klimaveränderungen abhängig ist, kann dabei für die Region von erheblicher sozioökonomischer Bedeutung sein.

Tabelle 7: Strukturelle Verschiebungen innerhalb der Metropolregion aufgrund von regionalen und globalen Klimaveränderungen (eigene Darstellung)

		Raumfunktion der Akteure			
			Lokale	Regionale	Globale
Auswirkungen von Klimaveränderungen	Elemente der Wertschöpfungskette	Lokale/regionale	Wirtschaftliche Einbußen für einzelne Unternehmen und lokal agierende Branchen wie dem Tourismus	Verlust von regionalen Wertschöpfungsketten	Abwanderung zentraler Akteure und damit einhergehend verringerte internationale Wettbewerbsfähigkeit
		Schäden an Werten und Anlagen Unterbrechung von Betriebsabläufen			
		Globale	Keine Auswirkungen		
		Ausfall von überregionalen Transportinfrastrukturen			
	Kritische Infrastrukturen	Lokale/regionale	Wirtschaftliche Einbußen für einzelne Unternehmen und lokal agierende Branchen wie dem Tourismus		
		Schäden an Straßen/Bahntrassen Ausfall von überregionalen Transportinfrastrukturen			
		Globale	Keine Auswirkungen		
		Ausfall von überregionalen Transportinfrastrukturen			

Da die potenziellen Auswirkungen zwischen den verschiedenen Sensitivitätsdimensionen als sehr unterschiedlich, aber auch nicht unabhängig voneinander gesehen werden können, erscheint es uns nicht sinnvoll eine Gesamtbewertung für den Cluster Hafenwirtschaft & Logistik abzugeben.

4.9.2 Anpassungskapazität

Anpassungskapazität bezeichnet im vorliegenden Fall die Fähigkeit des regionalen Clusters Hafenwirtschaft & Logistik, seine wirtschaftliche Leistungsfähigkeit durch eine angemessene Berücksichtigung von Belangen der Klimaanpassung sicherzustellen (Erhalt der sog. system services). Die Bereitschaft zur (Klima-)Anpassung und zur Ausgestaltung mit verschiedenen Akteuren und in unterschiedlicher Form (technisch, institutionell), Dauer (kurz-, langfristig oder strategisch) oder Reichweite (individuell oder als Transformation des gesamten Systems; Smithers & Smit 2009; Næss et al. 2005; Roberts 1998) lässt sich dabei für das Cluster Hafenwirtschaft & Logistik nicht aus bestehenden Kapazitäten ableiten, sondern erweist sich vielmehr als ein Prozess, der auch von Lernprozessen (Lindseth 2005) und Gelegenheitskonstellationen (Lange et al. 2009) abhängig ist. Gleichwohl lassen sich neben der Anpassungsbereitschaft weitere Faktoren bestimmen, die die Fähigkeit zur Klimaanpassung bedingen (z. B. Verfügbarkeit von ökonomischen Ressourcen, Technologien, Information und Wissen, Infrastrukturen, Institutionen und Gerechtigkeit; vgl. Smit et al. 2001). Im Kontext einer Industriegesellschaft kommt institutionellen Aspekten – also dem Zuschnitt und der Ausgestaltung von rechtlichen, politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Beziehungen eine besondere Bedeutung zu (Adger 2000;

Næss et al. 2005; IPCC 2007). Die Bestimmung von Anpassungskapazitäten an den Klimawandel im Cluster Hafenwirtschaft & Logistik lässt sich damit im Kern auf der Basis einer Bestimmung institutioneller Handlungsbedingungen konzipieren, die die Verfügbarkeit unterschiedlicher Formen von Ressourcen, wie beispielsweise auch das vorhandene Wissen über Anpassungsbedarf und -maßnahmen, für maßgebliche Akteure berücksichtigt. Diese Akteure werden für eine strukturelle, regionale Sektoranalyse sinnvollerweise zu drei idealtypischen Governanceformen (*Markt*, *Netzwerk* und *Hierarchie*) aggregiert, denen die Ressourcen jeweils zugerechnet werden können (Mayntz & Scharpf 1995b). Mit Blick auf die zentrale Stellung öffentlicher Aufgabenträger für den Sektor, die über mehrere politische Ebenen verteilt sind, ist dabei zusätzlich eine Mehrebenenperspektive einzunehmen (für den Bereich Hafen: s. Osthorst 2008; für Sektoranalysen: s. Mayntz & Scharpf 1995a), in der Formen regionaler Governance besonders berücksichtigt werden (Bracyk & Heidenreich 1998; Fürst 2001; Krätke 2001).

Im Folgenden wird die Analyse der Anpassungskapazität des Clusters Hafenwirtschaft & Logistik in der Metropolregion Bremen-Oldenburg nach den in Kap. 4.9.1 identifizierten Sensitivitätsdimensionen *Elemente der Wertschöpfungskette*, *Kritische Infrastrukturen*, *strukturelle Verschiebungen* und *Raumfunktion* differenziert erfolgen, um die Handlungsressourcen in den einzelnen Feldern heraus zu arbeiten.

Anpassungskapazität der Elemente der Wertschöpfungsketten

Im Bereich der Elemente der Wertschöpfungskette werden auf einer einzelbetrieblichen Ebene vorrangig potentielle Schäden an Werten, wie Anlagen und Transportmitteln oder Gebäuden und die damit verbundenen Betriebsstörungen bzw. mögliche Unterbrechungen der Transportkette(n) Anpassungen erfordern. Insgesamt werden die zu erwartenden Veränderungen jedoch nicht als kritisch bewertet, wobei von den Clusterakteuren eine Sensitivität des eigenen Unternehmens gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels als geringer eingeschätzt wird als die Sensitivität der Metropolregion insgesamt (ISL 2010b). Mögliche Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Elemente der Wertschöpfungsketten werden durch die Verfügbarkeit von Technologien, als auch deren Preisentwicklung am Markt bestimmt, so dass die konkrete Umsetzung von betrieblichen Investitionsentscheidungen abhängig ist, die aufgrund der betrieblichen Größe, des Abschreibungsverlaufs und der Rentabilität durch spezifische Zeitfenster abgesteckt sind. Vom privaten Sektor sind dabei eine Reihe von Anpassungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen in den Kategorien Gebäude, Organisation, Standort und Transport vorstellbar: hochwasserangepasstes Bauen, Schutzbereiche für lagernde Fahrzeuge, organisatorische Abkehr von einem strengen just-in-time Transport, Ergänzung von Gate- durch Hubstrukturen oder angepasste Routenplanung bei Unwetter. Den Anpassungsmaßnahmen im Bereich Gebäude wird hierbei die höchste Priorität zugewiesen (ISL 2010b). Wichtig ist dabei, dass durch technische Anpassungsmaßnahmen durchaus zusätzliche Kosten vermieden werden können, wenn die Anforderungen an betroffene Gebäude zu kritischen Zeitpunkten im Abschreibungs- und Nutzenzyklus berücksichtigt werden.

Der Governanceform Hierarchie kommt dabei die Rolle einer möglichen Produktregulierung beim Hersteller bzw. der Einführung von Standards oder Innovationen zu (SRU 2008), die hier eine Entlastung für die Nutzer angepasster Produkte von Informations- und Entwicklungskosten bedeuten bzw. durch ambitionierte Zielsetzung die Zusatzkosten für First-Mover-Anwender senken und so für sie Chancengleichheit gewährleisten. Zusätzlich ist zu erwarten, dass auch der Markt regulatorisch einwirkt, z. B. durch verschärfte Auflagen der einschlägigen Versicherungsgeber. Von Seiten der Kommunen und Länder ist das Ziel einer Anpassung, die Ansiedlung von Betrieben an sensiblen Standorten planerisch zu vermeiden und bestehende Standorte gegebenenfalls mittelfristig umzusiedeln, wobei eine Einbeziehung von Stakeholdern die optimale Nutzung betrieblicher Gelegenheitsfenster fördern würde. Regionale Lösungen können bei Überforderung der betroffenen Kommunen durch Vorgaben höherrangiger Regulierung von Seiten des Bundes und der Länder unterstützt werden.

Das Anpassungswissen im Bereich der Elemente der Wertschöpfungsketten wird durch die Kompetenzen zu klimaangepasstem Handeln der Betroffenen bestimmt. Dabei hat der durchgeführte Workshop mit Clusterakteuren gezeigt, dass die Orientierung auf Klimaschutz eine Prozessdi-

mension im Sinne gerichteter Innovationen angestoßen hat: „Green logistics“ setzt sich im Sektor zunehmend als Leitbild durch, was zeigt, dass eine Reaktion auf gesellschaftliche Erfordernisse seitens der Hafen- & Logistikwirtschaft möglich ist, wobei eine Stützung dieser Leitbildsetzung durch politische Anreize auf Bundes- und EU-Ebene notwendig bleibt. Anpassungswissen in Form von Kompetenzen und spezifischem Know-How kann durch Netzwerkarbeit regional mittels Trainings und Erfahrungsaustausch über intermediäre Einrichtungen vermittelt und überregional als übertragbare Kompetenz entwickelt werden.

Insgesamt ist die Anpassungskapazität im Bereich der Elemente der Wertschöpfungskette eher *hoch*, da zwar eine Anpassungsbereitschaft derzeit noch nicht erkennbar ist, jedoch eine Reihe konkreter, möglicher Anpassungsmaßnahmen zur Verfügung stehen, die mittelfristig auch erreichbar sind, und zudem die institutionellen Rahmenbedingungen zur Förderung des Anpassungswissens in diesem Bereich als gut bezeichnet werden können.

Anpassungskapazität Kritischer Infrastrukturen

Aufgrund ihrer besonderen Bedeutung als Entwicklungsressource (nicht nur) des Clusters Hafenwirtschaft & Logistik ist die Sensitivität der Kritischen Infrastrukturen (Küstenschutz, Autobahnen und Bahnstrecken, Energienetze sowie Telekommunikation; Bundesregierung 2008: 44) groß, weshalb sie auch im Fokus von Anpassungsstrategien, wie der Deutschen Anpassungsstrategie (Bundesregierung 2008) stehen (als Beispiel auf Länderebene: Beierkuhnlein & Foken 2007).

Grundsätzlich erscheint für viele Fälle eine technische Anpassung auf der Ebene der Leistungsstrukturen der einzelnen Infrastrukturen denkbar, die die Störanfälligkeit reduziert oder Pufferkapazitäten im Betriebsablauf erhöht. Beispielsweise könnte durch weitere Ausbaggerungen im Hafenbecken für Schiffe ein erhöhter Navigationsfreiraum bei kritischen Windverhältnissen geschaffen werden (ISL 2010b). Ein auf Witterungsbedingungen zugeschnittener Ausbau von Infrastrukturen kann sich auf historisches (Anpassungs-)Wissen stützen, erhöht jedoch einerseits den finanziellen Druck auf die Betreiber und würde andererseits auf Ebene der Regelungsstruktur die Zielkonflikte mit dem Naturschutz oder anderen gesellschaftlichen Belangen verstärken, insbesondere wo diese Belange ebenfalls mit Blick auf die Herausforderungen des Klimawandels Anpassungskonzepte vorbereiten. Auf beiden Ebenen (Regelungs- und Leistungsstruktur, zu dieser Unterscheidung: Mayntz & Scharpf 1995a) sollte z. B. durch Managementpläne innerwirtschaftlichen Zielkonflikten oder Konflikten mit anderen Nutzern (z. B. Pendlern) vorgebeugt werden. Eine Anpassungsleistung muss daher vorrangig durch staatliche Regulierung und regionale Kooperation erfolgen.

Da eine Anpassung des Standorts von kritischen Hafeninfrastrukturen aufgrund der notwendigen Küstennähe nur begrenzt möglich ist, wird von den Akteuren des Clusters der Küstenschutz als zentrales Element infrastruktureller Anpassungsmaßnahmen gesehen, die neben einer Sicherung und Erhöhung der Deiche auch eine Erhöhung der Kajen in den Häfen der Region umfasst. Entlastungspolder im Hafenumland oder das Aufwachsen der Marschen, um Sedimentverlusten entgegen zu wirken, sind als Maßnahmen zum Schutz der Hafeninfrastuktur denkbar. Insgesamt bestehen in der Metropolregion hinsichtlich der Anpassung an klimatische Veränderungen im Bereich der Kritischen Infrastrukturen bereits relativ hohe Standards (insb. im Küstenschutzbereich; s. Kap. 4.4) und ebenso hohe institutionelle Kapazität sowohl bei Leistungs- als auch Regelungsstrukturen. Allerdings unterliegen beide Strukturen finanziellen Restriktionen, die gerade mit Blick auf Entwicklungsbedarfe und zukünftige Entwicklungen (Beispiel Verkehrsinfrastrukturen, Rahmenbedingung Haushaltsdefizite) als problematisch zu bewerten sind. Zusätzlich erschweren mittelfristige (5–10 Jahre) Reaktionsdauern die Vorbereitung nötiger Anpassungsmaßnahmen in vielen Bereichen. Ein langfristiger Ansatz sollte daher sowohl im Bereich der Raumordnung als auch bei der Einzelplanung genutzt werden. Regionen haben dafür im traditionellen Institutions- und Zuständigkeitsgefüge zwischen Bund und Ländern kaum Kompensationsmöglichkeiten, können jedoch Kompetenzen in Netzwerken und regionalen Gebietskörperschaften vorhalten und somit Zielkonflikte durch integrative Konzepte zwischen intermediären und staatlichen Akteuren zu lösen versuchen, um eine auf die Nachfrage abgestimmte Entwicklung der öffentlichen (Verkehrs-) Infrastrukturen zu erreichen (Osthorst 2008: 391ff.; ISL 2010b).

Insgesamt gesehen ist die Anpassungskapazität im Bereich Kritischer Infrastrukturen als *mittel* anzusehen, da zwar bereits ein hoher Standard etabliert und entsprechendes Wissen vorhanden ist, jedoch auch die Abstimmungs-, Regulierungs- und Finanzierungsanforderungen im Mehrebenensystem weiterhin hoch sein werden.

Anpassungskapazität im Bereich strukturelle Verschiebungen

Empirische Erkenntnisse über mögliche strukturelle Verschiebungen aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels zwischen den Akteuren des Hafen- und Logistikclusters sind der Vielschichtigkeit von Managemententscheidungen schwierig zu gewinnen. Ein Hinweis auf die Gefahr struktureller Verschiebungen ist die Verteilung der Marktmacht im Akteursgefüge, die anhand der für die Wertschöpfungsketten zentralen Akteure (d.h. Akteure, die durch ihr Handeln Einfluss auf die Region als Ganzes nehmen können und diese bewusst konstruktiv oder unbewusst mit gestalten) identifiziert werden kann. Bei der Wertschöpfungskette Lebensmitteltransporte ist beispielsweise das GVZ ein zentraler Akteur, dem eine besondere Verantwortung bei der Anpassung an Auswirkungen des Klimawandels zukommt. Zudem hat sich für den Fall der Lebensmitteltransporte gezeigt, dass das Unternehmen Terratrans für die Zuverlässigkeit der Leistungen verantwortlich ist und somit, gerade auch im Hinblick auf bereits bestehende organisatorische Probleme (Verspätung der Züge zu Peak-Zeiten, Überlastung der italienischen Terminals (ISL 2010b: 3-5)) strukturellen Verschiebungen innerhalb der Kette durch die frühzeitige Einbindung spezifischer Kenntnisse entgegenwirken kann. Letztendlich sind strukturelle Verschiebungen jedoch immer hauptsächlich Marktprozesse, die aus den ökonomischen Dynamiken innerhalb des Sektors resultieren. Dies lässt sich am Beispiel der Wertschöpfungskette Baumwollimporte illustrieren, da das Cluster dort äußerst preiselastisch auf Mengenveränderungen reagiert. Eine geeignete Klimaanpassungsmaßnahme regionaler Handelsunternehmen wäre in diesem Fall die Diversifizierung der Zuliefererländer. Die Aufgabe hierarchischer Strukturen, wie des Bundes und der Länder, ist es hingegen, Engpässe mit Bedeutung für Logistikprozesse, wie die Verfügbarkeit von Förderungsmechanismen, von Lagerkapazitäten im GVZ oder die Auslastung der öffentlichen Infrastrukturen, die sich durch den Klimawandel in der Region verstärken können, zu identifizieren und ihnen frühzeitig z. B. durch Maßnahmen der regionalen Wirtschaftsförderung entgegen zu wirken.

Obwohl strukturellen Verschiebungen Marktprozesse zu Grunde liegen, kann ihnen dennoch entgegen gewirkt werden, also Anpassung betrieben werden. Eine wesentliche Aufgabe kommt dabei der Netzwerkarbeit zu, die bei intermediären Einrichtungen der Region, wie etwa der Handelskammer, dem Kompetenzzentrum Via Bremen oder auch dem ISL, ihren Ausgangspunkt hat. Diese stellen als wirtschaftliche Kompetenzzentren die Grundlage für die wirtschaftliche Entwicklung der Region dar und sind entscheidend für das Problembewusstsein möglicher Betroffener. Konkrete denkbare Maßnahmen sind Innovationsprojekte oder Schulungen, aber auch das Anstoßen von Lernprozessen und die Kompetenzentwicklung bei potentiell betroffenen Akteursgruppen. Die Orientierung dieser regionalen Netzwerkarbeit kann dabei sowohl auf kleinere, örtliche Betriebe abzielen als auch regionale „Champions“ einbinden, die durch eine zunehmende vertikale Integration von Wertschöpfungsnetzen (s. Osthorst & Mänz 2012) auch überregional an Bedeutung gewinnen könnten. Eine geeignete Anpassung nutzt dabei möglichst diversifizierte Maßnahmen, um die regionalen Beziehungen von Akteuren und ihre Mitwirkung in der Region durch „regionale Clusterpolitik“ zu stärken. Wichtige Elemente sind dabei die Pflege der Wertschöpfungsketten, sowie die Nutzung von Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Ausbildung.

Grundsätzlich ist in diesem Zusammenhang ist in den vergangenen 20 Jahren die Bewältigung von Zielkonflikten mit anderen gesellschaftlichen Belangen (Küstenschutz, Umweltschutz, Landwirtschaft) in wachsendem Maße zur Grundvoraussetzung für die Durchsetzung der mit erheblichen Anforderungen an den Raum verbundenen Entwicklungsvorhaben geworden. Gerade in der Metropolregion Bremen-Oldenburg verbieten sowohl die politisch-administrativen Gegebenheiten als auch die steigenden Anforderungen einer auf Integration zielenden europäischen Regulierung eine ausschließlich konfrontative Durchsetzung sektoraler Ziele. Vielmehr ist die Fähigkeit zu einer pro-aktiven konzeptionellen Auflösung von gegensätzlichen sektoralen Entwicklungsansprüchen zu einer entscheidenden Voraussetzung für die Realisierung von bedeutenden Vorhaben geworden (Osthorst 2008: 391ff.). Bereits jetzt lässt sich erkennen, dass die genannten Be-

lange, die bei der Vorbereitung sektoraler Entwicklungsprojekte regelmäßig von Bedeutung sind, ebenfalls erheblich durch die Folgen des Klimawandels gefordert sein werden (für den Küstenschutz NLWKN 2007: 10ff.; für den Umweltschutz Schuchardt et al. 2008b: 12ff.; für die Landwirtschaft Bundesregierung 2008: 28ff.) und damit von einer weiteren Zunahme potentieller Zielkonflikte auszugehen ist. Die Sicherstellung der Entwicklungsfähigkeit des Clusters wird deshalb zukünftig in noch stärkerem Maße auf integrative Konzepte setzen müssen.

In der Metropolregion gibt es bereits verschiedene Initiativen, die darauf abzielen, die maritime Wirtschaft im Nordwesten zukunftsfähig zu gestalten. Für die bremische Wirtschaft sind Logistik und Industrie ein Kernbereich für die zukünftige regionale Entwicklung. In diesem Zusammenhang wird der Neu- und Ausbau wichtiger Verkehrsinfrastrukturen ebenso forciert wie die Erweiterung des GVZ und der Ausbau von Entwicklungsräumen für hafenauffine Produktion (Handelskammer Bremen 2008). Eine Berücksichtigung sich verstärkender Zielkonflikte durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Region, gerade auch im Bereich der Flächenkonkurrenz von küstennahen Gebieten (s. Kap. 5.3), ist bei diesen Initiativen jedoch bislang nicht offensichtlich. Aus rein sektoraler Perspektive gibt es in der Metropolregion bereits einige Beispiele für erfolgreiches Clustermanagement im Bereich Hafen und Logistik: Die GVZ-Entwicklungsgesellschaft, der Luftfahrtverbund und die Initiative Maritimer Standort Nordwest sind Netzwerke, die für die strategische Bindung zentraler Akteure an den Standort Metropolregion entscheidend sein können (Handelskammer Bremen 2008). Man kann also davon ausgehen, dass die institutionellen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Klimaanpassung im Bereich struktureller Verschiebungen grundsätzlich gegeben sind, allerdings mangelt es bislang noch an Maßnahmen, die konkret die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels zum Gegenstand haben. Veranstaltungen, wie eine im September 2010 von der Handelskammer Bremen ausgerichtete Informationsveranstaltung zum Thema „green logistics“ dienen dabei durchaus der Sensibilisierung des Clusters für Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen. Die Einrichtung eines Arbeitskreises „Nachhaltigkeit“ von Via Bremen unterstützt die hier eingeschlagene Richtung.

Insgesamt lässt sich die Anpassungskapazität im Bereich struktureller Verschiebungen als *mittel* bewerten, da zwar die Zukunftsfähigkeit der maritimen Logistik als bedeutsam für die regionale Wirtschaft angesehen wird, jedoch sich durch den Klimawandel verstärkende Nutzungskonflikte bislang nicht erkannt wurden und integrativ ausgerichtete Anpassungsmöglichkeiten nur beschränkt vorhanden sind.

Anpassungskapazität im Bereich der Raumfunktion

Die Anpassungskapazität des Clusters im Bereich der Raumfunktion ergibt sich aus der Position des regionalen Hafensystems im jeweiligen Markt. Wie auch bei den Anpassungsmaßnahmen im Bereich struktureller Verschiebungen sind zur Vermeidung eines Verlustes der Raumfunktion die Einbindung von Akteuren in regionale Netze und Lernprozesse sinnvolle regionale Netzwerkmaßnahmen, die vom regionalen Markt entsprechend angenommen werden sollten. Dabei stehen im Fall der Raumfunktion insbesondere zentrale globale Akteure (*global player*) im Fokus geeigneter Anpassungsmaßnahmen.

Grundsätzlich gelten geeignete Hinterlandverbindungen und seewärtige Zufahrten als grundlegend für die Erhaltung und Weiterentwicklung der regionalen Raumfunktion im Deutschen und Europäischen Kontext. Die Nachfrage nach diesen Infrastrukturen sollte daher in der Region im Rahmen einer Klimaanpassung entsprechend forciert werden, während der Bund/die EU diese Infrastrukturen zentral gewährleisten muss.

Um bei Unterfinanzierung Zielkonflikte zu vermeiden, ist es von Seiten der Region entscheidend, gegebenenfalls innovative Konzepte zu entwickeln, um die Einigungs- und Anschlussfähigkeit in Mehrebenenbeziehungen zu erhöhen. Neben dieser netzwerkförmigen Strategiebildung (Marin & Mayntz 1991) auf regionaler Ebene findet eine Zusammenarbeit von verschiedenen regionalen und nationalen Akteuren (z. B. sektoralen Verbänden, Kammern, dominanten Großunternehmen, den Landesregierungen der Staatstaaten und der Bundesregierung) auch auf Bundesebene statt. Dabei sind insbesondere die von der rot-grünen Bundesregierung (1998-2005) ausgerichteten „Maritimen Konferenzen“ und die Schaffung einer „maritimen Koordination“ im Wirtschaftsministe-

rium zu nennen, aus denen mit den Küstenländern und der Wirtschaft abgestimmte Prioritätensetzungen für eine konsensuale Hafenpolitik hervorgegangen sind. Ein zentrales Ergebnis stellt eine Liste von 24 Verkehrsprojekten dar, die ausdrücklich auch im nationalen Hafenkonzept von 2009 (BMVBS 2009: 37-40) enthalten sind.

Momentan kann der Status quo des regionalen Netzwerks im Cluster als zufriedenstellend bewertet werden, da es grundsätzlich gute Ausgangsbedingungen zur Weiterentwicklung bietet. Die konkrete empirische Anpassungskapazität gegenüber der Gefahr des Verlustes der Raumfunktion ist dabei abhängig von verschiedenen Marktprozessen, insbesondere auch von der marktgetriebenen Strategieentwicklung zentraler Akteure des Clusters. Die Anpassungsmöglichkeiten zur Erhaltung der Raumfunktion werden somit über die Identifikation kritischer Akteure und Zeitpunkte (wie bspw. Neuausschreibungen von Terminalkonzessionen oder Mergers) bestimmbar. Dabei ist die Wahrnehmung des Wirtschaftsstandorts Bremen-Oldenburg insgesamt ein Feld hoher strategischer Aufmerksamkeit in der Region, weshalb davon auszugehen ist, dass auch ein hohes Maß an Anpassungswissen und Anpassungsbereitschaft hinsichtlich der Erhaltung und Erweiterung der regionalen Raumfunktion vorliegt. Eine internationale Studie hat allerdings zeigen können, dass strukturelle Verschiebungen oder eine Veränderung der Raumfunktion aufgrund des Klimawandels von Hafenverwaltungen grundsätzlich bislang nicht als Risiko wahrgenommen werden (Becker et al. 2010).

Insgesamt ist die Anpassungskapazität des Clusters Hafenwirtschaft & Logistik im Bereich der Raumfunktion als *mittel* zu bewerten, da zwar eine hohe regionalstrategische Aufmerksamkeit mit Blick auf die Konsequenzen der Prozesse in den einzelnen Marktsegmenten für die Raumfunktion des regionalen Logistikstandortes besteht, das Anpassungswissen jedoch nicht auf klimawandelbezogene Risiken ausgedehnt ist. Zudem erfordern die Möglichkeiten zur geeigneten Anpassung von allen Ebenen eine integrative Perspektive, bei der eine innovative Regionalentwicklung als zukünftige Herausforderung im Mittelpunkt steht (Osthorst 2008: 208-216).

Zusammenfassung und Bewertung der clusterspezifischen Anpassungskapazität

Die nachstehende Tabelle 8 fasst die identifizierten Anpassungskapazitäten auf regionaler (blau unterlegte Boxen) und überregionaler Ebene (gelb unterlegte Boxen) in den Sensitivitätsdimensionen und nach Governanceformen unterteilt zusammen. Die grün unterlegten Boxen stellen Anpassungskapazitäten sowohl von regionaler als auch von überregionaler Ebene dar. Diese farbliche Markierung macht deutlich, dass eine Anpassungsleistung im Bereich Kritischer Infrastrukturen überwiegend von überregionaler Seite zu erbringen sein wird, während im Bereich der Elemente der Wertschöpfungsketten auch regional wichtige Anpassungskapazitäten vorliegen. Bei strukturellen Verschiebungen und Auswirkungen auf die Raumfunktion sind Bindungen zwischen Akteuren und deren Abhängigkeit von regionalen Gegebenheiten wesentliche Elemente für eine erfolgreiche Anpassungsstrategie des Clusters Hafenwirtschaft & Logistik. Zudem ist auffällig, dass alle Governanceformen sowohl auf regionaler als auch auf überregionaler Ebene Anpassungskapazitäten vorweisen können. Bei Netzwerken ist dabei regional insbesondere die Nutzung regionaler Kenntnisse und Erfahrungen möglich, während Leistungskonflikte überregional gelöst werden müssen. Hierarchische Strukturen können hingegen vielschichtige regionale Beziehungen koordinieren und überregional über Standards und Anreizsysteme regulierend wirken; sie können außerdem konkrete finanzielle Förderung vornehmen. Schließlich ist der überregionale Markt gefordert angepasste Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, während regional eine Einbindung in regionale Netze eine sinnvolle Klimaanpassungsmaßnahme ist.

Tabelle 8: Regionale und überregionale Anpassungskapazitäten (AK; eigene Darstellung: blau = AK auf regionaler Ebene, gelb = AK auf überregionaler Ebene, grün = AK auf regionaler und überregionaler Ebene)

		Governanceformen		
		Netzwerk	Hierarchie	Markt
Sensitivitätsdimensionen	Elemente der Wertschöpfungskette	Integration regionaler Kenntnisse Stakeholdereinbindung Kompetenzen entwickeln	Angepasste Planung	Angepasste Produkte und Dienstleistungen in Angebot und Nachfrage fördern Regionale Kenntnisse/lokale Erfahrungen nutzen
	Kritische Infrastrukturen	Management/Koordination von Ziel- oder überregionalen Konflikten Repräsentation regionaler Interessen	Management / Koordination von Mehrebenen-Beziehungen Mitwirkung an politischen Prozessen Anreize für integrative regionale Konzepte schaffen	Überregionales Wissen für Angebots- und Nachfrageinnovationen
	Strukturelle Verschiebungen	Regionale Bindungen zwischen Akteuren stärken	Regionale Wirtschaftsförderung	
	Raumfunktion		Konkurrenzfähige Infrastruktur und institutionelle Kapazitäten gewährleisten	Regionale Beteiligung/Einbindung

Anzumerken ist, dass die Anpassungskapazitäten gegenüber regionalen Klimaveränderungen in den einzelnen Sensitivitätsdimensionen nicht unabhängig voneinander sind, sondern teilweise aufeinander aufbauen. Bei einer weitreichenden Anpassung im Bereich Kritischer Infrastrukturen könnten beispielsweise Anpassungen zur Vermeidung struktureller Verschiebungen unnötig werden und Effekte im Bereich der Raumfunktion vermieden werden. Jedoch ist davon ausgehen, dass insbesondere im Bereich der Infrastrukturen ökonomische, zeitliche und personelle Ressourcen begrenzt sein werden. Die Region wird deshalb gefordert sein, konzeptuell die Anpassungskapazität in den zugänglichen Handlungsbereichen besonders konsequent zu entwickeln und auszuschöpfen, um die begrenzte Nutzung von Anpassungskapazitäten auf anderen politischen Ebenen möglichst weitgehend zu kompensieren.

4.9.3 Vulnerabilitätsbewertung

Abschließend wird die Vulnerabilität des Clusters Hafenwirtschaft & Logistik in der MPR HB-OL insgesamt bewertet. Hierfür wird dargestellt, inwiefern die identifizierten Anpassungskapazitäten geeignet sind, um mit den beschriebenen potenziellen Auswirkungen umzugehen. Für das Cluster Hafenwirtschaft & Logistik ist es zweckdienlich, die Vulnerabilität für jede Sensitivitätsdimension einzeln anhand des in Tabelle 1 dargestellte Bewertungsschema zu bestimmen. Tabelle 9 fasst die wesentlichen, für die Bewertung ausschlaggebenden Punkte überblicksartig zusammen.

Die Vulnerabilität des Clusters kann insgesamt als **mittel** bezeichnet werden. Diese Gesamtbewertung leitet sich aus den Einzelbewertungen der vier Dimensionen *Elemente der Wertschöpfungskette*, *kritische Infrastrukturen*, *strukturelle Verschiebungen* und *Raumfunktion* ab. Entscheidend dabei ist, dass aufgrund der regionalen Strukturen und den bestehenden Netzwerken davon ausgegangen werden kann, dass die hohe Vulnerabilität bei den kritischen Infrastrukturen ausgeglichen werden kann. Es ist zu vermuten, dass es den etablierten Netzwerken gelingt diese den neuen Herausforderungen anzupassen und auf dieser Basis integrative Konzepte erarbeitet werden können.

Tabelle 9: Regionale Vulnerabilitätsbewertung des Clusters Hafenwirtschaft & Logistik (eigene Darstellung)

	Welche Auswirkungen gibt es?	Für wen?	Wie ist die Anpassungskapazität?	Vulnerabilität
Elemente betrieblicher Wertschöpfungsketten	Schäden an: <ul style="list-style-type: none"> • Anlagen • Flächen • Transportmittel • Standorte • Werten → mittlere Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmen / Konzerne • Hafeninfrastukturgesellschaften 	<ul style="list-style-type: none"> • Innovative Produkte und Dienstleistungen • Lernen und Erfahrungsaustausch → hohe Anpassungskapazität	→ gering
Kritische Infrastrukturen	<ul style="list-style-type: none"> • Häfen (Bündelung) • Wasserstraßen, Autobahnen, Eisenbahnen • Logistikzonen im Hinterland • Küstenschutz → hohe Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Staatliche Ebenen • Unternehmen • Hafeninfrastukturgesellschaften 	<ul style="list-style-type: none"> • Pflege von Mehrebenenbeziehungen → mittlere Anpassungskapazität	→ hoch
↓				
Strukturelle Verschiebungen	Verlust von Schlüsselkompetenzen in der Region <ul style="list-style-type: none"> → mittlere Auswirkungen 	Die „Region“: <ul style="list-style-type: none"> • Politik • Verbände 	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmensnetzwerke • Politik und Verwaltung → mittlere Anpassungskapazität	→ mittel
Raumfunktion	Verlust der momentanen Position in Bezug auf die überregionale Konkurrenz <ul style="list-style-type: none"> → mittlere Auswirkungen 	Die „Region“: <ul style="list-style-type: none"> • Politik • Verbände 	<ul style="list-style-type: none"> • Starke regionale Verankerung → mittlere Anpassungskapazität	→ mittel

Die Analysen zur Bewertung der Vulnerabilität haben zusammenfassend Folgendes ergeben:

- Das Cluster Hafenwirtschaft & Logistik ist sensibel durch
 - (a) seine Abhängigkeit von Werten und Transportmitteln,
 - (b) seine Abhängigkeit von Infrastrukturen, die eine Schnittstelle zwischen den einzelnen Akteuren darstellen,
 - (c) sich aufgrund des regionalen und globalen Klimawandels potenziell verändernden Rentabilitäten mit sich daraus ergebenden strukturellen Verschiebungen und
 - (d) seine regionale Bedeutung im Kontext internationaler Wertschöpfung.
- Für die Anpassung von Werten und Gebäuden am Hafen sowie bei den regionalen Logistikbetrieben gibt es zahlreiche Möglichkeiten, für die das Cluster momentan zwar noch keinen konkreten Handlungsbedarf sieht, jedoch entsprechend sensibilisiert ist,

so dass davon auszugehen ist, dass mittelfristig individuelle Schäden an Gebäuden und Werten vermieden werden können und somit die Vulnerabilität des Clusters in diesem Bereich eher gering ist.

- Bei den Infrastrukturen, bei denen Schäden zum Ausfall ganzer Transportketten führen können, ist zwar bereits ein hoher Standard etabliert, jedoch ist eine Anpassung durch schwierige Regulierungs- und Finanzierungsmöglichkeiten eingeschränkt. Gerade auch die Komplexität der politischen Abstimmungen im Mehrebenensystem verringert die Flexibilität, die notwendig ist, um zeitnah auf veränderte Anforderungen an leistungsfähige Infrastrukturen zu reagieren. Zudem haben sich durch Liberalisierungsprozesse Leistungs- und Regelungsstrukturen pluralisiert, so dass die Ansprechpartner für die Region auf sehr unterschiedlichen Ebenen angesiedelt sind und unterschiedlichen Rationalitäten unterliegen. Die zukünftige Verstärkung von Nutzungs- und Zielkonflikten macht die Entwicklung neuer integrativer Konzepte erforderlich. Als Folge dieser komplexen Anforderungen an die Infrastrukturentwicklung ist die Vulnerabilität des Clusters in diesem Bereich als hoch einzuschätzen.
- Regionale und globale klimatische Veränderungen können indirekt zu individuellen und sektoralen wirtschaftlichen Einbußen aufgrund des Verlustes von zentralen Akteuren und Transportketten führen, die zwar durch regionale Wirtschaftsförderung und Netzwerkbildung abgeschwächt, aber durch die derzeitigen Anpassungskapazitäten nicht vermieden werden können, weshalb die Vulnerabilität in diesem Bereich als mittel bewertet wird.
- In letzter Konsequenz können regionale und globale klimatische Veränderungen auch einen Verlust der Raumfunktion mit gravierenden ökonomischen und soziostrukturellen Folgen für die Region nach sich ziehen. Jedoch genießt die Hafenwirtschaft & Logistik bereits eine hohe regionalstrategische Aufmerksamkeit in der Region, die solchen Konsequenzen entgegen wirken soll. Aus diesem Grund ist die Vulnerabilität als mittel anzusehen.

4.10 Tourismuswirtschaft

Stefan Wittig, Jan Spiekermann

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Sektor Tourismuswirtschaft findet sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.10.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

In der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) sind folgende potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Attraktivität und Destinationswahl, die Reiseform und touristischen Aktivitäten, die touristischen Infrastrukturen sowie die Inanspruchnahme ökosystemarer Dienstleistungen für den Sektor Tourismuswirtschaft zu erwarten:

- Die Veränderungen der thermischen Eignung sowie des Hitze- und Kältestress sind vor, während und nach einer Reise für die **Attraktivität und Wahl einer Destination** durch Touristen relevant (Matzarakis et al. 2009). Die Attraktivität der Küstendestinationen für den Sommertourismus kann aufgrund erhöhtem thermischen Komfort durch steigende Temperaturen und geringeren sommerlichen Niederschlagsmengen zunehmen (Bartels et al. 2009). Zusätzlich kann sich die Hauptsaison verlängern sowie die Vor- und Nachsaison gestärkt werden. Die Attraktivität der städtischen Urlaubsziele nimmt aufgrund höherem Hitzestress und steigender Wärmebelastung im Sommer ab; für die Küstengebiete sind diesbezüglich geringere Auswirkungen wahrscheinlich. Die Abnahme des Kältestress führt gleichzeitig zu einer höheren Attraktivität in den

Herbst-, Winter und Frühjahrsmonaten, beeinflusst den sommerlichen Küstentourismus aber weniger.

- Die Sensitivität verschiedener **Reiseformen und touristischer Aktivitäten** ist unterschiedlich: die für die Region bedeutenden Aktivitäten im Freien (Strandurlaub, Ferien auf dem Bauernhof, Radtouren usw.) sind deutlich sensitiver, als Städte- oder Kulturreisen. Bezüglich der potenziellen Auswirkungen für die touristischen Outdoor-Aktivitäten sind verschlechterte Bedingungen aufgrund erhöhter Schwüle anzunehmen (Matzarakis et al. 2009), während sie sich aufgrund trockenerer und wärmerer Sommer verbessern. Nur geringe und/oder keine deutlichen Auswirkungen sind für die veränderte Anzahl trockener Tage und Regentage möglich, wobei die sommerliche Abnahme der Regentage leicht positiv wirken kann. Auch für die zukünftige Anzahl sonniger und nebeliger Tage sind positive Auswirkungen möglich, die aber nur gering ausfallen. Der Anstieg von mittlerem Meeresspiegel und mittlerem Tidehochwasser hat nachteiligen Auswirkungen auf touristische Einrichtungen vor den Hauptdeichen und die dortigen Aktivitäten.
- Die Zunahme von Starkregen- und Sturmtage (z. B. mit Überflutungs- und Windschäden) sowie die erhöhte Sturmflutgefahr (z. B. mit eingeschränkter Nutzung der Fähren und höhere Schadensrisiko in den deichgeschützten Bereichen) haben deutlich negative Auswirkungen auf die **touristische Infrastruktur** (Kropp et al. 2009a und 2009b, Matzarakis 2007). Das häufigere oder stärkere Auftreten der entsprechenden Kenntage der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien oder Extremereignisse kann zu leicht verschlechterten Bedingungen für die Destinationswahl sowohl der Küstengebiete, als auch der städtischen Touristenziele führen; die potenziellen Auswirkungen durch höhere Sturmfluten sind aufgrund des höheren Überflutungsrisikos als hoch einzuschätzen. Die Zunahme von Extremereignissen kann zur Abschreckung von Touristen führen (Tetzlaff et al. 2002).
- Die Nutzung und Inanspruchnahme **ökosystemarer Dienstleistungen** ist ein wichtiger Aspekt für die Einschätzung der Sensitivität. Die charakteristische Landschaftsausprägung der Region wird für Touristen über „Bilder“ einer „intakten“ Natur wahrgenommen (Schirmer & Wittig 2007). Klimaänderungen können potenziell auf vielfältige Weise die von der Tourismuswirtschaft benötigten ökosystemaren Dienstleistungen beeinträchtigen und somit die Attraktivität einer Destination verringern (Windhorst et al. 2004). Die benötigten ökosystemaren Dienstleistungen werden von regulierenden (z. B. sauberes Wasser und saubere Luft), versorgenden (z. B. Trink- und Brauchwasser), kulturellen (z. B. Erholung und Landschaftserleben) und erhaltenden Ökosystemfunktionen gewährleistet bzw. von ihnen bereitgestellt (MEA 2005). Potenzielle Auswirkungen sind durch die Veränderung der charakteristischen Landschaften und das gewünschte Landschaftserleben, durch das vermehrte Auftreten von Quallen und von Algenblüten, durch vermehrten Pollenflug allergener Pflanzen, durch Sommertrockenheit mit Absterben von Pflanzen sowie durch Trinkwasserknappheit möglich. Über die Höhe dieser Auswirkungen und über die Möglichkeiten der zukünftigen Inanspruchnahme der Ökosystemdienstleistungen ist relativ wenig bekannt. Hinweise auf eine reduzierte Funktionsfähigkeit und eine Überschreitung der Anpassungsfähigkeit einiger Ökosysteme sind vorhanden (z. B. IPCC 2007; MEA 2005) und die Auswirkungen können für die Tourismuswirtschaft als eher negativ beurteilt werden. Insbesondere die negativen Auswirkungen auf die Landschaftserlebnisfunktion für den Naturtourismus mit dem Ziel Wattenmeer werden durch den beschleunigten Anstieg des mittleren Meeresspiegels und des Tidehochwassers deutlich sein, wenn die natürliche Anpassungsfähigkeit der Deichvorländer und der Wattengebiete nicht ausreichend hoch ist, welches für die oberen Spannweiten der Wasserstandsänderungen teilweise angenommen werden kann.

Die potenziellen Auswirkungen für die Tourismuswirtschaft hinsichtlich Attraktivität und Destinationswahl sowie Reiseform und Aktivitäten werden also v. a. von solchen Klimaveränderungen bestimmt, die die Aspekte des „guten Wetters“ bzw. „guten Klimas“ beeinflussen (Matzarakis et al. 2009; Bartels et al. 2009). Insgesamt ist aber zu beachten, dass potenziell alle Klimaparameter auch auf alle vier Sensitivitätsaspekte wirken und möglicherweise gerade Parameterkombinationen in ihrem Zusammenspiel relevante Auswirkungen verursachen können. Es ergibt sich so-

mit ein kompliziertes Wirkungsgeflecht zwischen den Parametern des Klimawandels und der Sensitivität der regionalen Tourismuswirtschaft, so dass sich die Einschätzung der potenziellen Auswirkungen schwierig gestaltet.

Wetter und Klima spielen für den Städtetourismus eine geringere Rolle und potenzielle Auswirkungen resultieren v. a. aus veränderter Häufigkeit oder Höhe von Extremereignissen (beschrieben anhand der Kenntage in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien). Erst „extremere“ Klimabedingungen mit möglichen katastrophalen Folgen könnten den Städtetourismus merkbar beeinflussen. Insgesamt ist der Städtetourismus also weniger sensitiv als der Landtourismus und die potenziellen Auswirkungen geringer. Es muss jedoch angemerkt werden, dass die Klimaszenarien hinsichtlich der Intensität von Extremereignissen keine eindeutigen Hinweise auf die zukünftige Ausprägung geben (mit Ausnahme bezüglich der Sturmfluthöhe; s. Tabelle 19) und es daher schwierig ist, eindeutige Aussagen über die Höhe der potenziellen Auswirkungen und das zukünftige klimatisch veränderte Tourismuspotenzial der MPR HB-OL zu treffen.

4.10.2 Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit

In wie weit die Ökosysteme ihre Funktionsfähigkeit auf natürlichem Wege erhalten können, ist noch weitgehend unbekannt (s. Kap. 4.6). Die Inanspruchnahme benötigter bzw. gewünschter Ökosystemdienstleistungen wird für die Erholungs- und Landschaftserlebnisfunktion wahrscheinlich gewährleistet, da die typischen Elemente und Strukturen der Küstenlandschaften größtenteils erhalten bleiben (Watt, Inseln, Häfen, Bauwerke des Küstenschutz usw.) und nur teilweise verloren gehen könnten. Zusätzlich wird sich das gesamte Landschaftsbild voraussichtlich nicht so deutlich verändern, dass die Tourismuswirtschaft nicht mehr mit den gewohnten Bildern werben und wirtschaften kann. Allerdings bestehen hier zum Teil deutliche Wissenslücken.

Anpassungswissen

Das Wissen darüber, ob sich klimawandelbedingt einzelne charakteristische regionale Landschaftsbilder verändern, ist vergleichsweise gering; die Konsequenzen veränderter Landschaftsbilder auf die Destinationswahl sind weitgehend unbekannt. Ebenfalls als gering einzustufen ist das Wissen über klimawandelbedingte Beeinträchtigung des Wohlbefindens oder der Gesundheit von Touristen (s. Kap. 4.1) und der daraus resultierenden Konsequenzen für die Wahl und Attraktivität der Region. Im Zusammenhang mit dem Wissen über klimawandelbedingte Auswirkungen auf die Gesundheit können gesundheitsförderliche Tourismus- und Erholungsangebote von Heil- und Kurorte an Küstenstandorten profitieren.

Erkenntnisse im Bereich Vulnerabilitäts- oder Risikoanalysen für die Destinationen der deutschen Nordseeküstenregion sind bisher nur zum Teil vorhanden. Systematische Untersuchungen zu veränderten Rand- und Marktbedingungen, die aus den Wechselwirkungen zwischen Klimaschutz und -anpassung sowie nichtklimatischen Faktoren resultieren, existieren nur in Ansätzen (Bartels et al. 2009). So sind z. B. die Kenntnisse über Wechselwirkungen und Nutzungskonflikte der Tourismuswirtschaft mit anderen Sektoren bezüglich Wasser- und Energieversorgung sowie bezüglich Landnutzungskonflikte aufgrund von Klimaanpassung vergleichsweise gering. Durch Klimaschutzpolitik veränderte Rahmen- und Marktbedingungen erfordern ebenfalls Anpassungsanstrengungen der Tourismuswirtschaft, wobei das Wissen über die daraus resultierenden Anpassungsnotwendigkeiten noch eher gering ist.

Anpassungsoptionen

Die Differenzen zwischen kurzfristigen Tourismusstrategien und mittel- bis langfristiger Klimaentwicklung sind groß: langfristige, strategisch ausgerichtete Tourismuskonzepte für eine nachhaltige Nutzung und Gästebindung einer Destination fehlen. Kurzfristige, meist saisonale Planung der Touristiker bedeutet eine hohe Flexibilität, die einerseits eine schnelle Reaktion auch auf klimawandelbedingte Veränderungen in der Nachfrage oder im Angebot ermöglicht (Bartels et al. 2009), die andererseits aber kein Hinweis auf die Möglichkeiten einer strategischen Neuausrichtung, die aus Klimaschutz oder -anpassung resultiert, gibt.

Auch für die Nutzung der möglichen Chancen der genannten positiven Auswirkungen sind langfristig wirkende Strategien, Techniken und Organisationsformen notwendig, um durch den Ausbau existierender Tourismusangebote oder die Entwicklung neuer Tourismusprodukte die Vorteile für die regionale Tourismuswirtschaft nutzen zu können. Solche Strategien zur Nutzung möglicher Chancen sind bisher nur in Ansätzen vorhanden. Sie können aber vermutlich kurzfristig (weiter-)entwickelt und vergleichsweise schnell ausgebaut werden. Hierzu gehören auch betriebswirtschaftliche Strategien mit entsprechenden Marketingkonzepten, die auf einer Analyse und Bewertungen der klimawandelbedingten Risiken und Schwächen sowie der Chancen und Stärken basieren sollten (beispielhaft vorgeschlagen im „Tourismus-Klimafahrplan“: Bartels et al. 2009).

Kooperationsformen aller Akteure der Tourismuswirtschaft und politisch Verantwortlicher zur Prüfung der Eignung verschiedener Optionen der Zukunftssicherung des Tourismus sind teilweise vorhanden, fokussieren aber noch zu wenig auf Klimaanpassung. Organisationsformen zur Bekanntmachung des Themas Klimawandel mit den zunehmenden Risiken in der Küstenregion und die Konsequenzen für den Tourismus könnten eine geeignete Anpassungsoption sein. So existieren zwar Warnsysteme über extreme Wettersituationen, ihre spezifische Ausrichtung auf die Bedürfnisse von Touristen, wie z. B. Information über Alternativaktivitäten bei ungünstigem Wetter, steht noch aus.

Unter Klimawandelbedingungen kann eine weitere Flexibilisierung und Diversifizierung des touristischen Angebots notwendig sein, um Reiseformen und Aktivitäten in einer Destination auch zukünftig attraktiv zu gestalten (Kropp et al. 2009a; Matzarakis & Koch 2007). Das Angebot von neuen Aktivitäten kann dabei eine wichtige Rolle spielen, wobei diese nachhaltig, Ressourcen schonend und klimaneutral bzw. klimaangepasst ausgestaltet werden müssen.

Technische Anpassungsoptionen zur Sicherung der touristischen Infrastruktur sind vielfältig vorhanden (s. Kap. 4.3 und Kap. 4.4). Hier werden zukünftig – auch aufgrund versicherungstechnischer Anforderungen – risikobasierte Schutzstrategien bedeutsamer, die bisher noch wenig entwickelt sind. Bestandteil einer risikobezogenen Herangehensweise der Klimaanpassung ist auch die Prüfung, ob der Verzicht auf den küstennahen Bau von Tourismusinfrastruktur und -einrichtungen möglich ist oder ob verstärkt auf Objektschutz gesetzt werden kann. Die Möglichkeiten zur Freihaltung von Flächen im Zusammenhang mit Anpassungsmaßnahmen des Küsten- und Hochwasserschutzes, werden zunehmend in den Fokus integraler Anpassungsstrategien rücken (s. Kap. 4.3, Kap. 4.4 und Kap. 4.11). Klimawandelangepasste Infrastruktur und der Schutz vor Gefahren und Risiken ist eine Basisvoraussetzung für die Sicherung der zukünftigen wirtschaftlichen Rolle des Tourismus. Zusätzlich ist auch die Tourismuswirtschaft gefordert, durch eine standortangepasste Landnutzung und eine Reduzierung des Flächenverbrauchs zur Erhaltung biologischer Diversität unter Klimawandelbedingungen im eigenen Interesse beizutragen.

Anpassungsbereitschaft

Die hohe gesellschaftliche Wahrnehmung in der Bevölkerung, dass der Klimawandel ein Problem darstellt (Kuckartz et al. 2006), hat Einfluss auf die touristische Nachfragesituation und damit auch auf die Angebotsbereitstellung und erfordert Anpassungen der Tourismuswirtschaft. Destinationen können damit vor der Aufgabe stehen, klimaschonende bzw. klimaneutrale und klimaangepasste Angebote zu entwickeln und anzubieten (Matzarakis & Koch 2007). Eine hohe Wahrnehmung der Klimawandelproblematik bedeutet allerdings nicht automatisch eine hohe Handlungsbereitschaft und die Ergebnisse empirischer Studien zeigen nur, dass zwar eine relativ hohe Akzeptanz für Anpassungsmaßnahmen existiert (v. a. für den Küstenschutz), daraus aber keine Erkenntnisse über die tatsächliche Nachfragesituation der Touristen gewonnen werden können (Grunenberg & Kuckartz 2003; Huber 2007; Weller et al. 2010).

Für die Nutzung der sich aus dem Klimawandel ergebenden Chancen sind erst wenig Pilot- bzw. Beispielaktivitäten vorhanden (Beispiele in Bartels et al. 2009). Werden mögliche Chancen und potenzielle synergetisch wirkende Maßnahmen und Strategien herausgestellt, so ist von einer hohen Anpassungsbereitschaft bei den Akteuren der Tourismuswirtschaft auszugehen (DWIF 1999; Website KWU).

Insgesamt hat sich die Tourismusbranche noch wenig auf den Klimawandel und die damit verbundenen Folgen aus Klimaschutz und Klimaanpassung eingestellt. In Bezug auf die Anpassungsbereitschaft und -kapazität des Tourismus an veränderte Klimabedingungen ist, wie die Analyse der potenziellen Auswirkungen ergeben hat, einerseits die Verringerung bzw. Vermeidung von entstehenden Risiken und andererseits die Nutzung möglicher Chancen von Bedeutung. Es besteht somit v. a. die Notwendigkeit, Methoden der langfristigen strategischen Zukunftsplanung im Tourismus zu entwickeln und zu implementieren, da die derzeitige Tourismusplanung eher kurzfristig orientiert ist. Dieses sollte den Touristikern aber vergleichsweise gut möglich sein.

4.10.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen im Sektor „Tourismuswirtschaft“ werden für die Sensitivitätsaspekte Attraktivität und Destinationswahl, Reiseform und touristische Aktivitäten, touristische Infrastruktur sowie Ökosystemfunktion und ökosystemare Dienstleistungen unterschieden. Sie sind unter Berücksichtigung der Werte für die unteren Spannweiten und für die A1B-Mittelwerte der ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien nur *gering* und für die oberen Spannweiten höchstens *mittel*, da nur die Zunahmen der Kenntage für hohe Temperaturen (Hitzestress und Wärmebelastung) und Starkregen sowie die höheren mittleren und Sturmflutwasserstände deutliche potenzielle Auswirkung haben. Für die Touristenziele, die Extremereignissen wie Hitzeperioden oder Überflutungen ausgesetzt sind, sind räumlich begrenzt *hohe* potenzielle Auswirkungen möglich. Insgesamt können die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels für den Sektor „Tourismuswirtschaft“ als ***gering bis mittel*** bewertet werden.

Die projizierten Klimaänderungen wirken teilweise positiv auf die Tourismuswirtschaft. Insbesondere die thermischen Faktoren (Zunahme der thermischen Eignung, Abnahme Kältestress) und die ästhetischen Faktoren (mehr sonnige Tage, weniger nebelige Tage) verändern sich zugunsten des Tourismus. Dieses bedeutet jedoch nicht automatische eine Zunahme der Touristenzahlen oder der ökonomischen Wertschöpfung, sondern ist nur ein Hinweis auf die potenzielle touristische Eignung der MPR HB-OL, insbesondere der Küstenregion als besonders nachgefragte Tourismusdestination. Von den geringfügig positiven Wirkung der Klimaänderung auf die Tourismuswirtschaft in der Region könnten dementsprechend v. a. die Gemeinden bzw. Landkreise an der Küste profitieren, sofern sie in der Lage sind der steigenden Sturmflutgefahr adäquat zu begegnen (s. Kap. 4.4).

Die Tourismuswirtschaft ist auch unabhängig vom Klimawandel starken Schwankungen und Veränderungen unterworfen, die im Zusammenhang mit den Veränderungen in den sozioökonomischen Rahmenbedingungen, Veränderungen der Altersstruktur, Veränderungen im Lebensstil, der Angst vor Kriegen und Terror usw. stehen. Im Vergleich mit diesen Faktoren werden die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels gering ausfallen.

Bewertung der Anpassungskapazität

Natürliche Anpassungsfähigkeit: Da nicht von einem deutlichen Funktionsverlust der Küstenlandschaft und seiner charakteristischen Bilder für Erholung und Landschaftserleben auszugehen ist, kann die natürliche Anpassungsfähigkeit – trotz Kenntnislücken hierüber – als *mittel bis hoch* eingeschätzt werden.

Anpassungswissen: Das Wissen über die Konsequenzen klimawandelbedingter Veränderungen der gewünschten Landschaftsbild für die Tourismuswirtschaft ist ebenso gering wie das Wissen über die gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch den Klimawandel mit den daraus resultierenden Konsequenzen für die Destinationswahl. Weiterhin werden bisher im Verhältnis zu den Wirkungen nichtklimatischer Faktoren die Auswirkungen des Klimawandels sowohl durch Klimaschutz als auch durch Klimaanpassung auf den Tourismus wenig betrachtet und entsprechend sind Anpassungsmaßnahmen noch wenig diskutiert und fast gar nicht umgesetzt. Da das Wissen über die Bedeutung von Wetter und – eingeschränkt – Klima in der Tourismuswirtschaft aber

vorhanden ist und mehrere Forschungsprojekte mit regionalem Bezug das Themenfeld Klimawandel und Tourismus behandelt haben, kann das Anpassungswissen als *mittel* bewertet werden.

Anpassungsoptionen: Der kurzfristigen Ausrichtung der Tourismusstrategien steht häufig eine langfristige strategische Orientierung an den Zeithorizonten des Klimawandels entgegen; dieses gilt auch für die Nutzung möglicher Chancen. Andererseits resultiert hieraus eine z. T. hohe Flexibilität, die es den Touristikern voraussichtlich ermöglicht, ihre wirtschaftlichen Strategien an die Folgen der Klimaänderungen anzupassen. Da zusätzlich im Sektor „Tourismuswirtschaft“ eine Reihe von technischen Anpassungsmaßnahmen insbesondere zur Sicherung der Infrastruktur, mit denen den potenziellen Auswirkungen des Klimawandels begegnet werden kann, bekannt und umsetzbar sind, können die Anpassungsoptionen als hoch bewertet werden. Da die Umsetzung dieser Maßnahmen jedoch z. T. mit erheblichem finanziellem Mehraufwand verbunden ist, risikobasierte Analysen der Stärken und Schwächen bisher wenig durchgeführt werden, Kooperationsformen aller Akteure der Tourismuswirtschaft nur zum Teil existieren und Informationsstrategien über Alternativangebote sowie deren umwelt- und klimaverträgliche Entwicklung noch ausstehen, werden die Anpassungsoptionen insgesamt als *mittel bis hoch* bewertet.

Anpassungsbereitschaft: Die Bereitschaft der Tourismuswirtschaft zur Anpassung kann durch eine hohe Problemwahrnehmung der Touristen bezüglich des Klimawandels charakterisiert werden, wodurch sowohl die Nachfragesituation als auch die Angebotsbereitstellung beeinflusst werden kann. Da aber keine Rückschlüsse über die tatsächliche Handlungsbereitschaft von Touristen und Erholungssuchenden möglich sind, wird die Anpassungsbereitschaft als mittel eingeschätzt. Weiterhin ist die Bereitschaft der Touristiker, längerfristige Zeithorizonte für eine strategische Ausrichtung zu betrachten, noch wenig ausgeprägt. Da diese aber durch die Vermittlung von möglichen Chancen und Synergien z. B. anhand existierender Pilot- und Beispielaktivitäten relativ schnell verbessert werden kann, wird die Anpassungsbereitschaft insgesamt als *mittel bis hoch* eingeschätzt.

Den als *mittel bis hoch* eingestuften Faktorenkomplexen natürliche Anpassungsfähigkeit, Anpassungsoptionen und Anpassungsbereitschaft steht ein *mittleres* Anpassungswissen gegenüber, so dass die Anpassungskapazität im Sektor „Tourismuswirtschaft“ insgesamt als ***mittel bis hoch*** bewertet wird.

Bewertung der Vulnerabilität

Aus der Kombination der als *gering bis mittel* eingestuften potenziellen Auswirkungen des Klimawandels mit der als *mittel bis hoch* eingeschätzten Anpassungskapazität ergibt sich eine ***geringe*** Vulnerabilität des Sektors „Tourismuswirtschaft“ in der MPR HB-OL.

Der Vulnerabilität stehen positive Auswirkungen gegenüber, die für die regionale Tourismuswirtschaft **Chancen** bedeuten könnten. Insbesondere die typischen Formen des Sommertourismus in der Küstenregion sind vom Klimawandel positiv betroffen, da höhere Temperaturen, geringere Niederschläge im Sommer und mehr Sonnenschein die Attraktivität bzw. Eignung erhöhen und die Saison verlängern können. Anpassungsaktivitäten zur Nutzung der klimawandelbedingten Chancen sind jedoch noch wenig entwickelt und bedürfen geeigneter Strategien für zusätzliche Kapazitäten und Vermarktung. Auch dem Angebot von neuen, klimaunabhängigen Aktivitäten wird hier eine wichtige Rolle zugesprochen. Solche Strategien sollten nachhaltig gestaltet werden, um vom in der Region weitverbreiteten Naturtourismus profitieren zu können. Der Tourismussektor ist jedoch voraussichtlich in der Lage, Klimaanpassung in der Zukunft zu vollziehen, da ihm ein Repertoire an wirksamen Anpassungsoptionen zur Verfügung steht, von denen sich einige bereits in der Umsetzung befinden. Wird die Anpassungskapazität also für nachhaltige Strategien und Konzepte genutzt, so kann – neben der geringen Vulnerabilität – die Tourismuswirtschaft sogar vom Klimawandel profitieren.

Da die Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus stark von der Reiseform abhängen (Städte- oder Kulturreisen versus Strand- oder Natururlaub), wird die Vulnerabilitätsentwicklung insbesondere von der zukünftigen regionalen „Tourismusphilosophie“ bestimmt. Liegt der zukünft-

tige Fokus auf Outdoor-Aktivitäten, so kann zwar zur Nutzung möglicher Chancen beigetragen werden, es erhöht sich aber die Vulnerabilität gegenüber Extremereignissen und zunehmender Variabilität von Wetter und Klima. Ein zukünftiger Fokus auf Indoor-Angebote macht eine Destination zwar unabhängiger gegenüber klimatischen Einflüssen, er kann in exponierten Küsten- oder Flusslagen aber durch Extremereignisse zu einer höheren Vulnerabilität führen. Zusätzlich ist hier ein hoher Ressourcenverbrauch (Wasser, Energie) wahrscheinlich, der unter Nachhaltigkeits- und Klimaschutzaspekten zu beachten ist.

4.11 Raumplanung

Jan Spiekermann, Stefan Wittig

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Handlungsbereich Raumplanung findet sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.11.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

Obwohl die meisten Folgen des Klimawandels eine räumliche Dimension des Auftretens haben und sich über bestimmte Verbreitungspfade (Boden, Wasser, Luft) im Raum auswirken, müssen sie nicht unmittelbar relevant für die Raumplanung (Raumordnung und Bauleitplanung) sein. Nach Greiving & Fleischhauer (2008) kann eine sog. Wirkfolge des Klimawandels erst dann als raumplanungsrelevant eingestuft werden, „wenn mit Hilfe raumplanerischer Instrumente Eintrittswahrscheinlichkeit, Intensität oder Konsequenzen von Klimafolgen für bestimmte, ausreichend sicher identifizierbare Entstehungs- und/oder Betroffenheitsräume beeinflussbar sind oder Anpassungsstrategien gestaltet werden können“. Eine Analyse hinsichtlich der Relevanz möglicher Auswirkungen des Klimawandels für den Handlungsbereich Raumplanung in Deutschland wurde im Rahmen der Vorstudie zum Modellvorhaben der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ (KlimaMORO) durchgeführt (vgl. BMVBS & BBR 2008a). Von den als unmittelbar raumplanungsrelevant identifizierten Auswirkungen des Klimawandels sind folgende auch in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) von Bedeutung: steigende Gefährdung der Artenvielfalt, zunehmende Schwankungen der Grundwasserstände und Einschränkung der nutzbaren Wasserressourcen, häufigere Hitzeperioden oder Hitzewellen, häufigere lokale Überschwemmungen durch Starkregenereignisse, Veränderung von Häufigkeit und Stärke von Flusshochwassern, steigender Meeresspiegel, häufigere und höhere Sturmflutwasserstände sowie häufigere Beeinträchtigung und Zerstörung von Infrastrukturen.

Aufgrund der unterschiedlichen naturräumlichen und sozio-ökonomischen Gegebenheiten weist die MPR HB-OL in ihren Teilräumen keine einheitliche Sensitivität gegenüber den genannten Folgen des Klimawandels auf. Im Folgenden wird daher kurz skizziert, welche Teilräume der MPR HB-OL gegenüber welchen Auswirkungen besonders empfindlich sind (vgl. a. Kap. 5.3):

- Die Küsten- und Ästuarbereiche weisen aufgrund ihrer topographischen und naturräumlichen Eigenschaften (Geländehöhe knapp oberhalb bzw. unterhalb von NN, tidebeeinflusste Gewässer, meeresseitige Beeinflussung des Grundwasserkörpers, Übergangsräume zwischen Land und Meer) eine besondere Sensitivität gegenüber den raumplanungsrelevanten Auswirkungen „steigender Meeresspiegelanstieg“ und „häufigere und höhere Sturmflutwasserstände“ auf.
- In den städtischen Räumen besteht aufgrund der hohen baulichen Dichte und des damit einhergehenden hohen Versiegelungsgrads sowie der Dichte an Bevölkerung und Infrastruktureinrichtungen insbesondere gegenüber den Auswirkungen „häufigere Hitzeperioden oder Hitzewellen“, „häufigere lokale Überschwemmungen durch Starkregenereignisse“, „Veränderung von Frequenz und Stärke von Flusshochwassern“ und „häufigere Beeinträchtigung und Zerstörung der Infrastruktur“ eine hohe Sensitivität.

- Die ländlich geprägten Räume sind aufgrund der starken landwirtschaftlichen Nutzung und der hohen Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz vor allem gegenüber den Auswirkungen „zunehmende Schwankungen der Grundwasserstände und Einschränkung der nutzbaren Wasserressourcen“ bzw. „steigende Gefährdung der Artenvielfalt“ besonders sensitiv.

Im Folgenden werden die aus den raumplanungsrelevanten Auswirkungen des Klimawandels resultierenden Handlungserfordernisse für die Raumplanung in der MPR HB-OL dargestellt:

- **Schutz von Siedlungsräumen vor Extremwetterereignissen:** Bedingt durch die Zunahme von Sommer- und Hitzetagen sowie Tropennächten wird es in der MPR HB-OL zu einer – wenn auch aufgrund der küstennahen Lage vergleichsweise moderaten – Verstärkung von Hitzebelastungen kommen, die insbesondere in verdichteten Siedlungsbereichen zu verstärkten Wärmeinseleffekten führen können (s. Kap. 4.1). Zur Milderung von Hitzefolgen ist es daher erforderlich, siedlungsklimatisch bedeutsame Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete sowie -abflussbahnen freizuhalten und zu sichern. Zudem übernehmen Freiräume vor allem in der Nähe urbaner Zentren (wie z. B. Bremen) eine Naherholungsfunktion für die städtische Bevölkerung. Die Sicherung dieser Funktion wird mit steigender Häufigkeit klimatischer Belastungssituationen weiter bedeutsam. Infolge der klimawandelbedingten Zunahme von Starkregenereignissen werden sich außerdem die zum Teil bereits heute auftretenden Probleme bei der Abführung großer Niederschlagsmengen, die sich in der Überschreitung der Aufnahmekapazität von Kanalsystemen bzw. Vorflutern und daraus resultierenden lokalen Überschwemmungen ausdrücken, voraussichtlich verschärfen (s. Kap. 4.3). Auch in diesem Bereich ist die Raumplanung – insbesondere auf der Ebene der Bauleitplanung und Vorhabengenehmigung – gefordert, den negativen Einflüssen des Klimawandels auf die Siedlungswasserwirtschaft entgegenzuwirken.
- **Vorsorge für Biodiversität und Naturschutz:** Die Veränderungen der Klimaparameter Temperatur, Niederschlag und klimatische Wasserbilanz sowie der Anstieg der Tidewasserstände erhöhen das Gefährdungspotenzial insbesondere für solche Arten, die sehr spezifische Lebensraumsansprüche haben und denen nur ein kleines potenzielles Verbreitungsgebiet zur Verfügung steht oder die sich neue Lebensräume wegen schlechter Ausbreitungsmöglichkeiten nicht oder nur schwer erschließen können (Nds. MUK 2009). Zu den besonders anfälligen Lebensräumen können z. B. Gewässer, Feuchtgebiete und Küstenregionen gehören (s. Kap. 4.6). Die klimawandelbedingte Veränderung der Standortfaktoren naturnaher Lebensräume kann nicht nur zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung, sondern auch zu Lücken im regionalen und überregionalen Biotopverbundsystem führen (ARL 2009). Die Raumplanung steht daher vor der Aufgabe, durch die planerische Sicherung eines ökologischen Verbundsystems wirksam zu einer Anpassung an die klimawandelbedingte Verschiebung von Lebensräumen beizutragen (MKRO 2008).
- **Wassermanagement und Schutz von Wasserressourcen:** Der Klimawandel wird sich auf das Wassermanagement in zweierlei Hinsicht auswirken: Zum einen kann es infolge der Veränderung der klimatischen Wasserbilanz im Sommer ggf. zu Einschränkungen des Wasserdargebots kommen. Zum anderen können die Zunahme von winterlichen Niederschlagsmengen bzw. häufigere und intensivere Starkregenereignissen insbesondere in den Küstenniederungen der MPR HB-OL zu Engpässen in der Binnenentwässerung führen (s. Kap. 4.3). So regen Bormann et al. (2009) an, die Anpassungsbemühungen des Wassermanagements in den Niederungsgebieten nicht nur auf die technischen Aspekte (Steigerung der Pumpkapazitäten) zu konzentrieren, sondern auch alternative Lösungen, wie z. B. die Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser in Poldern oder die Wiedervernässung bestimmter Gebiete in Erwägung zu ziehen. In beiden Fällen – sowohl zur Linderung von Wasserknappheiten als auch im Umgang mit zunehmenden Wassermengen – ist auch die Raumplanung gefordert, zur Lösung der Probleme beizutragen, z. B. durch eine verstärkte raumplanerische Sicherung von Wasserressourcen und Rückhaltungsmöglichkeiten sowie eine Steuerung angepasster Raumnutzungen (MKRO 2008).

- **Flächen- und Risikovorsorge für den Binnenhochwasserschutz:** Der Klimawandel wird voraussichtlich eine Zunahme von Hochwasserereignissen bewirken, da sowohl die saisonale Verschiebung der Niederschlagsmengen in das Winterhalbjahr als auch die Zunahme lokal begrenzter Starkregenereignisse erhöhte Abflussmengen in den Fließgewässern nach sich ziehen können (s. Kap. 4.3). Die Anpassung an die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels kann nicht allein durch einen Ausbau der technischen Hochwasserschutzanlagen erfolgen, sondern macht auch eine langfristig angelegte Flächen- und Risikovorsorge seitens der Raumplanung erforderlich, die die Freihaltung überschwemmungsgefährdeter Bereiche, die Schaffung zusätzlicher Retentionsräume, Strategien für eine dezentrale Wasserrückhaltung bzw. Entwässerung bebauter und unbebauter Gebiete sowie Maßnahmen zur Bauvorsorge umfasst.
- **Flächen- und Risikovorsorge für den Küstenschutz:** Der Anstieg der Tide- und Sturmflutwasserstände in Nordsee, Jadebusen und Weserästuar wird – ohne eine entsprechende Anpassung des Küstenschutzes – eine Verminderung der Sicherheit der Küstenschutzanlagen und damit eine Erhöhung des Sturmflutrisikos für das Küstenhinterland zur Folge haben (s. Kap. 4.4). Gleichzeitig wächst aufgrund der fortschreitenden Bebauung und Nutzung küstennaher Flächen (Wohn- und Gewerbegebiete) sowie der Errichtung bzw. des Ausbaus aufwändiger Infrastrukturen (Häfen, Industrieanlagen, Feriencentren etc.) die Summe der geschaffenen Werte sowie die regionale Wertschöpfung in den Küstengebieten. Diese Entwicklungen führen dazu, dass die Schadensanfälligkeit, d. h. das volkswirtschaftliche Risiko, das durch Sturmfluten entstehen kann, kontinuierlich steigt. Neben Deicherhöhungen/-verstärkungen erfordert die Anpassung an den Klimawandel die Entwicklung neuer Formen von – insbesondere auch flächenhaften bzw. raumbezogenen (sog. integrierten) – Küstenschutzstrategien und -maßnahmen (MKRO 2008). Außerdem werden sich durch den Klimawandel die Mengenanforderungen an Klei und Sand für Küstenschutzbaumaßnahmen erhöhen. Ein wesentliches Handlungsfeld der räumlichen Planung in den Küstengebieten der MPR HB-OL wird es daher sein, Flächen für die Umsetzung von zukünftigen Küstenschutzstrategien und -planungen freizuhalten sowie die Gewinnung von Klei und Sand für den Deichbau sicherzustellen.

Neben den Auswirkungen und Anpassungserfordernissen in den o. g. raumplanerischen Handlungsfeldern erfordern die Klimawirkungen auch, dass die räumliche Planung selbst zum Gegenstand der Anpassung wird – im Sinne einer adaptiven Raumplanung, die auf neue Herausforderungen, wie z. B. die Auswirkungen des Klimawandels, reagieren kann (BBAW 2010). Dabei werden insbesondere folgende Herausforderungen für die Planungspraxis von Bedeutung sein:

- **Klimaanpassung im Bestand:** Die Auswirkungen des Klimawandels werden sich in vielfältiger Weise auf bestehende Raumnutzungen und -strukturen auswirken und entsprechenden Handlungsbedarf hervorrufen. In diesem Zusammenhang besteht allerdings das Dilemma, dass es für die Lösung von Konflikten zwischen bestehenden baulichen Flächennutzungen und den Erfordernissen der Klimaanpassung bisher kein geeignetes Instrumentarium gibt. Das planungsrechtliche Instrumentarium stößt dort an seine Grenzen, wo es notwendig wird, Nutzungsänderungen im Bestand umzusetzen, weil die bereits bestehenden Nutzungen hier gemäß Art. 14 GG Bestandsschutz genießen.
- **Unsicherheit der Klimaveränderungen:** Planerische Entscheidungen im Bereich „neuer Risiken“ (wie z. B. Klimawirkungen) können nicht ausschließlich auf Erfahrungen aus der Vergangenheit gründen – wie dies bei „traditionellen Risiken“ der Fall ist –, sondern basieren auf Modellannahmen möglicher Zukünfte, die jedoch keine exakten Werte sondern lediglich eine Spannweite zukünftiger Entwicklungsmöglichkeiten aufzeigen können (Overbeck et al. 2008, Schuchardt et al. 2010a und 2010b). Auch die räumliche Planung steht deshalb vor der Herausforderung, ihr Instrumentarium flexibler zu gestalten, um so auf sich verändernde Umstände noch möglichst lange reagieren zu können. Es geht darum, von einer starren, einen bestimmten Endzustand festlegenden Planung hin zu einer stärker prozessualen und schrittweise agierenden Planung zu gelangen (Overbeck et al. 2008), die eine dynamische Raumentwicklung mit

reversiblen Raumfunktionen ermöglicht (Kropp & Daschkeit 2008). Neben der Flexibilisierung des Instrumentariums werden sich auch Planungsprozesse wandeln müssen, um mit dynamischen räumlichen Rahmenbedingungen umgehen zu können (BBAW 2010; s. a. Kap. 7.3).

- **Langfristwirkung der Klimaveränderungen:** Während Raumordnungs- und Flächennutzungspläne i. d. R. auf Zeiträume von 10-15 Jahren ausgelegt sind, beziehen sich die langfristigen Projektionen des Klimawandels und daraus ableitbare raumbezogene Folgewirkungen auf Zeiträume von mehreren Jahrzehnten (z. B. bis zum Jahr 2050 oder 2100). Diese unterschiedliche zeitliche Bemessung und das damit einhergehende Nichtvorhandensein unmittelbarer Betroffenheit wird von Politik und Planung oft als Begründungsproblem für Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel gesehen und kann dazu führen, dass diese aufgeschoben werden (Overbeck et al. 2008; s. a. Kap. 7.1).
- **Legitimation raumbezogener Klimaanpassungsmaßnahmen:** Da bei der Entscheidung über Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung nicht auf eindeutige Grenz- oder Sollwerte als Bewertungsgrundlage zurückgegriffen werden kann, wird die Planung im Kontext eines Klimaanpassungsprozesses stärker als bisher auf eine partizipative und diskursive Ausrichtung setzen müssen (Birkmann & Fleischhauer 2009). Dies trifft vor allem dann zu, wenn – wie es beim Klimawandel der Fall ist – Anpassungsentscheidungen zu treffen sind, die mit Flächennutzungskonflikten bzw. -konkurrenzen und tiefgreifenden Einschnitten für bestehende (private) Raumnutzungen einhergehen können (s. Kap. 5.3). Partizipative Elemente sind außerdem deshalb von hoher Bedeutung, weil viele der erforderlichen Maßnahmen nur durch Eigentümer und Bewohner umgesetzt werden können, da sie den baulichen Bestand betreffen, auf den mit hoheitlichen Instrumenten nur sehr begrenzt Einfluss genommen werden kann (Greiving 2008).

4.11.2 Anpassungskapazität

Anpassungswissen

Wie eine im Jahr 2008 durchgeführte Umfrage des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung“ verdeutlichte, wird der Klimawandel von den befragten Regionalplanern wesentlich stärker mit den Aspekten des Klimaschutzes (insbesondere Förderung erneuerbarer Energien) in Verbindung gebracht, wohingegen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels bislang kaum Erfahrungen vorliegen (Overbeck et al. 2009). Dies deckt sich auch mit Erkenntnissen aus ‚nordwest2050‘, die z. B. im Rahmen einer Sitzung des „Arbeitskreises Raumstruktur“ der MPR HB-OL gewonnen werden konnten. Auch hier zeigte sich, dass das Thema Klimaanpassung im Vergleich zum Thema Klimaschutz bisher eine untergeordnete, wenig beachtete Rolle spielt und in der raumordnerischen und bauleitplanerischen Praxis bisher kaum explizit Berücksichtigung findet.

Wissenslücken im Handlungsbereich Raumplanung bestehen insbesondere noch hinsichtlich der konkreten räumlichen Ausprägung bestimmter Wirkpfade des Klimawandels und der daraus resultierenden raumplanungsrelevanten Handlungserfordernisse. Mittlerweile gibt es allerdings eine Vielzahl an Forschungsvorhaben und -projekten zum Thema Klimawandel und Raumplanung, die sich sowohl auf wissenschaftlich-theoretischer als auch auf praktischer Ebene mit den Notwendigkeiten und Möglichkeiten der Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Bereich der räumlichen Planung befassen (z. B. KlimaMORO, KlimaExWoSt (u. a. mit der in der MPR HB-OL liegenden Modellkommune Stadt Syke), KLIMAPAKT, KLIFF-IMPLAN). Des Weiteren existieren mit www.klima-und-raum.org und www.stadtklimalotse.net zwei Internetplattformen, die aktuelle Informationen zum Thema Klimawandel und Raumplanung bereitstellen.

Anpassungsoptionen

Strategien

Die Raumplanung ist aufgefordert, sowohl auf bereits sichtbare Klimaveränderungen zu reagieren, als auch zukünftig zu erwartende Veränderungen und deren Folgewirkungen schon bei heu-

tigen Planungsentscheidungen vorausschauend zu berücksichtigen. Zur Unterstützung einer klimawandelangepassten Raumentwicklung sind insbesondere folgende Aspekte und Strategieansätze zielführend (vgl. BBAW 2010): Berücksichtigung der Bandbreite möglicher Entwicklungen bei Planungsentscheidungen (Szenario-Ansatz), Entwicklung resilienter Raumnutzungen und -strukturen (Reduktion der Verwundbarkeit, Erhöhung der Robustheit und Förderung der Flexibilität) sowie Entwicklung von ‚no regret‘-Strategien und Nutzung von Synergieeffekten (z. B. mit zeitgleich erforderlichen Anpassungen an den demographischen oder strukturellen Wandel).

Ein wichtiger strategischer Ansatz könnte zudem in der Nutzung geeigneter ökonomischer Mechanismen zur Unterstützung von raumbezogenen Klimaanpassungszielen liegen. Dies ist z. B. durch die Integration des Themas „Klimaanpassung“ in raumwirksame Förderprogramme und -politiken (z. B. EU-Strukturfonds, Städtebauförderung, Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz) oder die Implementierung ökonomischer Anreizsysteme möglich (Overbeck et al. 2008). Eine weitere Option besteht ggf. in der Steuerungswirkung von Versicherungsinstrumenten auf die Raumentwicklung (z. B. Reduzierung von Ansiedlungen in risikoreichen Lagen durch einen obligatorischen Versicherungsschutz) (Kropp & Daschkeit 2008; BBAW 2010).

Instrumente

Sowohl im Raumordnungsgesetz des Bundes (ROG) als auch im Niedersächsischen Gesetz über Raumordnung und Landesplanung (NROG) wird der Aspekt der Klimaanpassung explizit angesprochen (vgl. § 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG bzw. § 2 Nr. 1 NROG). Auch das Landes-Raumordnungsprogramm (LROP) Niedersachsen 2008 weist zumindest in seinen Erläuterungen darauf hin, dass den Entwicklungen des Klimawandels „durch eine angepasste Planung Rechnung zu tragen“ ist und dass „die erkennbaren und zukünftig zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels [...] frühzeitig in die verschiedenen Ebenen der gesamtäumlichen Planungen und der Fachplanungen einzubeziehen“ sind (Nds. ML 2008: 58). Der aktuelle Entwurf der Änderungsverordnung zur Aktualisierung und Fortschreibung des LROP Niedersachsen enthält zu dieser Thematik nunmehr aber auch einen eigenen Grundsatz, der besagt, dass bei der Entwicklung der räumlichen Struktur des Landes „die Möglichkeiten zur Anpassung von Raum- und Siedlungsstrukturen an die Folgen von Klimaänderungen berücksichtigt werden“ sollen (Nds. ML 2010: 1). Im Baugesetzbuch (BauGB) ist bis dato dagegen kein direkter Hinweis auf die Notwendigkeit zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu finden.

Formelle Instrumente: Im Folgenden werden Ansatzpunkte des formellen raumplanerischen Instrumentariums (Raumordnung und Bauleitplanung) zur Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen in den in Kap. 4.11.1 aufgezeigten potenziell betroffenen raumplanerischen Handlungsfeldern skizziert.

- **Schutz von Siedlungsräumen vor Extremwetterereignissen:** Die **Raumordnung** kann durch eine angepasste Steuerung der Freiraum- und Siedlungsentwicklung der Entstehung negativer klimawandelbedingter Effekte in Siedlungsräumen entgegenwirken. So weist das LROP Niedersachsen 2008 darauf hin, dass Freiflächen erhalten und zu einem landesweiten Freiraumverbund weiterentwickelt werden sollen. Eine besondere Rolle spielt dabei die Erhaltung, Sicherung und Weiterentwicklung siedlungsnaher Freiräume. Im Zuge der Aktualisierung und Fortschreibung des LROP Niedersachsen soll zudem folgender, direkt auf Klimaanpassungserfordernisse abzielender Wortlaut eingefügt werden (Nds. ML 2010: 3): „In den Regionalen Raumordnungsprogrammen sollen klimaökologisch bedeutsame Freiflächen gesichert und entwickelt werden. In diesen Räumen sollen Maßnahmen zu einer Verminderung des Ausmaßes der Folgen von Klimaänderungen getroffen werden.“ Im Rahmen der **Bauleitplanung** können zur Anpassung der Siedlungs- und Freiraumstrukturen entsprechende Darstellungen bzw. Festsetzungen in Flächennutzungs- bzw. Bebauungsplänen oder in örtlichen Bauvorschriften und Satzungen vorgenommen werden, mit denen negativen Auswirkungen von Hitzeperioden und Starkregenereignissen begegnet werden kann. Möglichkeiten bestehen hier insbesondere in der Umsetzung von Maßnahmen zur Sicherung siedlungsklimatisch bedeutsamer Grün- und Freiflächen sowie zur Gewährleistung einer ausreichenden Durchlüftung der Siedlungsstruktur, zur Reduzierung des Versiegelungsgrads in Siedlungsgebieten, zur Umsetzung von Maßnahmen der de-

zentralen Regenwasserbewirtschaftung sowie zum Schutz von baulichen Anlagen und Infrastrukturen vor negativen Einflüssen durch Starkregenereignisse.

- **Vorsorge für Biodiversität und Naturschutz:** In den Grundsätzen der **Raumordnung** ist der Biotopverbund verankert. Auch das LROP Niedersachsen 2008 fordert daher den Aufbau eines landesweiten Biotopverbundsystems zur nachhaltigen Sicherung heimischer Tier- und Pflanzenarten einschließlich ihrer Lebensräume und Lebensgemeinschaften sowie zur Bewahrung und Entwicklung funktionsfähiger ökologischer Wechselbeziehungen. Zusammen mit den im LROP festgelegten Natura 2000-Schutzgebieten können die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Natur und Landschaft, die von den Trägern der Regionalplanung in den Regionalen Raumordnungsprogrammen (RROP) auszuweisen sind, einen Beitrag zu einem solchen Biotopverbundsystem leisten. Im Gegensatz zur naturschutzrechtlichen Schutzgebietsausweisung, die nur aufgrund der aktuellen Schutzwürdigkeit möglich ist, kann die Raumplanung schon frühzeitig Puffer- und Reserveflächen sichern, was vor dem Hintergrund langfristiger klimawandelbedingter Veränderungen der Lebensräume von Vorteil ist (ARL 2009). Im Rahmen der **Bauleitplanung** kann die Sicherung und Weiterentwicklung des Biotopverbundsystems insbesondere über die Darstellung bzw. Festsetzung von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft in den Bauleitplänen erfolgen.
- **Wassermanagement und Schutz von Wasserressourcen:** In den Grundsätzen der **Raumordnung** wird auf die Sicherung bzw. Entwicklung des Raums in seiner Bedeutung für die Funktionsfähigkeit des Wasserhaushaltes sowie die sparsame und schonende Inanspruchnahme des Naturgutes Wasser und den Schutz von Grundwasservorkommen verwiesen. Das LROP Niedersachsen 2008 fordert in diesem Zusammenhang, dass Gewässer nachhaltig bewirtschaftet, nachteilige Veränderungen ihres Zustandes vermieden und Verbesserungen erreicht werden sollen. Weiter heißt es, dass Grundwässer so zu bewirtschaften sind, dass keine nachteiligen Veränderungen ihres mengenmäßigen Zustandes und der hieraus gespeisten oberirdischen Gewässer und grundwasserabhängigen Landökosysteme entstehen. Die Raumordnung kann grundsätzlich auch zum Erhalt bzw. zur Verbesserung des Wasserhaushaltes der Böden (Wasserspeicherfähigkeit, Infiltrationsvermögens) und damit zur Grundwasserneubildung beitragen, indem sie auf eine angepasste Art und Intensität der Flächennutzung hinwirkt (z. B. Reduzierung der Flächenversiegelung) (MKRO 2009). Eine weitere Aufgabe der Raumordnung könnte zukünftig außerdem darin bestehen, geeignete Flächen für raumbezogene Anpassungsmaßnahmen des Wassermanagements in den Küstenniederungen der MPR HB-OL zu sichern und freizuhalten (z. B. Bereiche für die Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser in Poldern). Die **Bauleitplanung** kann ein klimawandelangepasstes Wassermanagement und den Schutz von Wasserressourcen insbesondere durch Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und durch die Reduzierung des Versiegelungsgrads in Siedlungsgebieten unterstützen. Beides kann zur ortsnahen Versickerung von Niederschlagswasser und zur Grundwasserneubildung beitragen, wodurch positive Effekte auf den Landschaftswasserhaushalt erzielt werden können.
- **Flächen- und Risikovorsorge für den Binnenhochwasserschutz:** In den Grundsätzen der **Raumordnung** kommt den Aspekten des vorbeugenden Hochwasserschutzes eine hohe Bedeutung zu. Das LROP Niedersachsen 2008 sieht diesbezüglich vor, dass in den RROP zur Gewährleistung des vorbeugenden Hochwasserschutzes solche Gebiete, in denen ein Hochwasserereignis statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten ist, als Vorranggebiete Hochwasserschutz festzulegen sind. Flächen für den Bau von Rückhalteräumen sind in den RROP als Vorbehaltsgebiete Hochwasserschutz festzulegen. Weiter heißt es, dass bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen überschwemmungsgefährdete Gebiete zu berücksichtigen sind und diese in den RROP als Vorbehaltsgebiete Hochwasserschutz festgelegt werden können. Das LROP Niedersachsen weist außerdem darauf hin, dass die natürliche Hochwasserrückhaltung verbessert werden soll. Auch in der **Bauleitplanung** spielt die Berücksichtigung des Hochwasserschutzes eine wichtige Rolle. So wird im BauGB darauf hingewiesen, dass bei der Aufstellung von Bauleitplänen insbesondere die Belange des

Hochwasserschutzes zu beachten sind. Im Flächennutzungs- bzw. Bebauungsplan können solche Flächen festgesetzt werden, die für die Wasserwirtschaft, die Errichtung oder Erweiterung von Hochwasserschutzanlagen sowie den Wasserabfluss notwendig sind. Die Ausweisung neuer Baugebiete in wasserrechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten ist grundsätzlich nur unter strengen Bedingungen zulässig.

- **Flächen- und Risikovorsorge für den Küstenschutz:** Die Grundsätze der **Raumordnung** sehen vor, dass an der Küste für den vorbeugenden Hochwasserschutz zu sorgen ist. Dieser Grundsatz wird vom LROP Niedersachsen 2008 konkretisiert und um die Forderung nach einer Sicherung des für den Küstenschutz erforderlichen Raumbedarfs in den jeweiligen RROP ergänzt. Außerdem sind bei allen raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen im deichnahen Bereich die Belange der Kleigewinnung zu berücksichtigen. In seinen Erläuterungen weist das LROP Niedersachsen des Weiteren darauf hin, dass es aus raumordnerischer Sicht angezeigt ist, „den infolge des Klimawandels notwendigen alternativen Küstenschutz mit in den Fokus zu nehmen“ (Nds. ML 2008: 74). Da bislang noch keine oder nur geringe Erfahrungen in diesem Bereich vorliegen, enthält das LROP einen Grundsatz, der die Erforschung, Entwicklung und Erprobung nachhaltiger, flächenhafter Küstenschutzstrategien vorsieht. Im Zuge der Aktualisierung und Fortschreibung des LROP Niedersachsen sollen außerdem folgende, deutlich über die bisherigen Inhalte des LROP hinausgehende Regelungen für den Küstenschutz und die Klei- bzw. Sandgewinnung ergänzt werden (Nds. ML 2010: 2 f.): Festlegung von Vorbehalts- und Vorranggebieten für den Hochwasserschutz an der Küste in den RROP, Festlegung von Vorranggebieten für die Kleigewinnung in den RROP, Festlegung von Flächen für die Sandgewinnung zum Ausgleich von Sedimentdefiziten auf den ostfriesischen Inseln im Küstenvorfeld nördlich der Inseln. Die vorausschauende und langfristige Berücksichtigung der Erfordernisse des Küstenschutzes in der **Bauleitplanung** ist insbesondere in Siedlungsgebieten mit begrenzten räumlichen Verhältnissen von wesentlicher Bedeutung (NLWKN 2007), da hier der für Deichverstärkungen benötigte Raum freigehalten werden muss. Dies kann über die Darstellung bzw. Festsetzung von Flächen für den Hochwasserschutz bzw. für Hochwasserschutzanlagen in Bauleitplänen erfolgen.

Informelle Instrumente: Angesichts der Grenzen formeller raumplanerischer Instrumente bezüglich ihrer Einflussnahme auf die Gestaltung bestehender Siedlungs- und Raumnutzungsstrukturen sowie aufgrund der Komplexität des Themas Klimawandel stellen informelle Instrumente eine wichtige Ergänzung zu formellen Planungsverfahren dar. Im Folgenden werden exemplarisch einige informelle Instrumente der Raumplanung benannt, die Ansatzpunkte bzw. Potenziale für die Entwicklung und Umsetzung von Klimaanpassungsstrategien aufweisen:

- Im Hinblick auf den überfachlichen und überkommunalen Charakter der Klimafolgen sowie den mit dem Klimawandel einhergehenden Unsicherheiten kann die Beratungs-, Informations- und Kommunikationsfunktion der **Regionalplanung** bei der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen eine wichtige Rolle spielen. Dies trifft umso mehr zu, da es keine „Fachplanung Klimawandel“ gibt und die Regionalplanung daher das bestehende Vakuum ausfüllen könnte, das hinsichtlich der Abstimmung der Vielzahl durch die Folgen des Klimawandels betroffenen Sektoren und Handlungsbereiche existiert (BMVBS & BBSR 2009a).
- Einen Ansatzpunkt stellt auch das informelle Handlungskonzept **Regionalmanagement** dar, das gegenüber der formellen Regionalplanung stärker handlungs- und umsetzungsorientiert agieren kann. Eine Stärke des Regionalmanagements liegt vor allem in der ausgeprägten Adressatenorientierung, die im Kontext Klimaanpassung besonders dann von Vorteil ist, wenn es z. B. darum geht, einen Kommunikationsprozess unter Einbeziehung von regionalen Akteuren zu initiieren und gemeinsame Leitbilder zu definieren (BMVBS & BBSR 2009a). Im Rahmen des Regionalmanagements bietet das informelle Instrument Regionales Entwicklungskonzept (REK) die Chance, Lösungsansätze für besondere Problemlagen oder neue räumliche Aufgabenstellungen, zu denen auch das Erfordernis der Klimaanpassung gezählt werden kann, zu entwickeln. Der Bezugsraum eines solchen Konzepts muss dabei nicht zwangsläufig auf

bestehende Planungsregion beschränkt sein, sondern kann aus einem freiwilligen Zusammenschluss von Gebietskörperschaften auf der Basis funktionaler Beziehungen resultieren, was im Hinblick auf die Bewältigung der Auswirkungen des Klimawandels, die nicht an administrativen Grenzen Halt machen, von Vorteil ist.

- Potenziale beinhaltet auch das informelle Planungsinstrument **Integriertes Küstenzonenmanagement** (IKZM), das speziell auf die Belange von Küstenregionen ausgerichtet ist. Nach der Definition der nationalen IKZM-Strategie (BMU 2006a) ist unter IKZM „der dynamische, kontinuierliche, iterative, ausgewogene und vom Nachhaltigkeitsprinzip geleitete informelle Prozess der systematischen Koordination aller Entwicklungen im Küstenbereich in den durch die natürliche Dynamik und Belastbarkeit gesetzten Grenzen“ zu verstehen. Dabei sollen ausdrücklich auch die Auswirkungen des Klimawandels auf Küstenzonen berücksichtigt werden.

Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des raumplanerischen Instrumentariums: Wie die vorangegangenen Ausführungen verdeutlicht haben, bietet das bestehende raumplanerische Instrumentarium bereits eine Vielzahl von Ansatzpunkten, um auf die Auswirkungen des Klimawandels zu reagieren. Dennoch bedarf es in einigen Bereichen einer Weiterentwicklung und Flexibilisierung des bestehenden Instrumentariums, z. B. hinsichtlich des Umgangs mit dem Bestand sowie der Berücksichtigung von Unsicherheiten und Langfristwirkungen des Klimawandels in der räumlichen Planung. Die Fachliteratur weist hier eine Reihe von Vorschlägen zur Weiterentwicklung des Instrumentariums auf, z. B.:

- Eingliederung von Climate-Proofing-Elementen in die UVP-/SUP-Verfahren (vgl. Birkmann & Fleischhauer 2009),
- Ausdehnung der Planungshorizonte von Raumordnungs- und Flächennutzungsplänen sowie (zeitliche) Flexibilisierung von Gebietsfestlegungen als Reaktion auf die Unsicherheiten und Langfristwirkungen des Klimawandels (vgl. Ritter 2007),
- Berücksichtigung von Klimaanpassungskriterien in den Instrumenten des besonderen Städtebaurechts (vgl. BMVBS & BBSR 2009b),
- Entwicklung finanzieller Kompensationsinstrumente und Anreizsysteme für notwendige Eingriffe in den Bestand (vgl. Kropp & Daschkeit 2008),
- Nutzung „ergebnisorientierter Zielvereinbarungen“ zwecks Erweiterung der Handlungsoptionen auf dem Weg der Zielerreichung (vgl. Greiving 2007, 2008),
- Einführung eines systematischen Monitorings zur Abschätzung von raumwirksamen ökologischen und sozioökonomischen Folgewirkungen des Klimawandels sowie zur Evaluation von raumbezogenen Klimaanpassungsmaßnahmen (vgl. BBAW 2010).

Institutionen/Akteure/Entscheidungsstrukturen

Institutionelle Rahmenbedingungen in der Metropolregion Bremen-Oldenburg: Die niedersächsische Besonderheit, dass (mit Ausnahme des Großraums Braunschweig und der Region Hannover) die Landkreise und kreisfreien Städte die Träger der Regionalplanung sind, hat zur Folge, dass es innerhalb der MPR HB-OL eine Vielzahl relativ kleiner Regionalplanungseinheiten gibt (insgesamt elf Landkreise und drei kreisfreie Städte im niedersächsischen Teil zzgl. der Städte Bremen und Bremerhaven). Dies hat einerseits den Vorteil, dass regionale Spezifika – wie z. B. kleinräumige Auswirkungen des Klimawandels bzw. besondere regionale Anfälligkeiten – (zumindest theoretisch) unmittelbar vor Ort von der Regionalplanung berücksichtigt werden können (Franck & Peithmann 2010), erschwert andererseits jedoch die regionalplanerische Anpassung an großräumige, über die bestehenden administrativen Grenzen hinausgehende Auswirkungen des Klimawandels (z. B. in den Bereichen Freiraumschutz, Biotopverbund, Hochwasser- und Küstenschutz). Dieses Defizit wird aktuell auch von Seiten der Landesplanung nicht behoben, da das LROP Niedersachsen die Verantwortung für Freiraumschutz und Biotopverbund (abgesehen von den Natura 2000-Schutzgebieten) sowie die Flächenvorsorge in den Bereichen Hochwasser-, Küstenschutz und Kleigewinnung an die RROP delegiert und hierzu keine eigenen Gebietsausweisungen vornimmt (s. Kap. 5.4).

Daraus folgt, dass zur Bewältigung großräumiger, die administrativen Grenzen der Landkreise bzw. kreisfreien Städte überschreitender Auswirkungen des Klimawandels nach aktueller Lage aufwändige Formen informeller regionaler Kooperation zur Abstimmung eines gemeinsamen Vorgehens zwischen betroffenen Landkreisen bzw. kreisfreien Städten erforderlich wären. Der oben beschriebene kleinräumige Zuschnitt der Planungseinheiten in Niedersachsen setzt den Regionalplanungsstellen in der MPR HB-OL jedoch enge Grenzen bezüglich ihrer personellen und finanziellen Ressourcenausstattung (z. T. „Ein-Personen-Ämter“). Dies führt dazu, dass die auf Landkreisebene angesiedelte Regionalplanung vor allem bei umfangreichen informellen Planverfahren und neuartigen komplexen Themenstellungen (wie z. B. Klimaanpassung) schnell an ihre Grenzen stoßen (Franck & Peithmann 2010; s. Kap. 5.4).

Es stellt sich daher die Frage, ob in denjenigen Handlungsfeldern der Raumordnung, die von großräumigen Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein können (s. o.), zukünftig nicht stärker „Vorgaben von oben“, d. h. von Seiten der Landesplanung, gemacht werden sollten. Ein weiterer Grund, warum Vorgaben von höherer Stelle erforderlich sein könnten, ergibt sich aus den mit der Umsetzung von Klimaanpassungsstrategien einhergehenden Kosten und Konfliktpotenzialen, die vor Ort, d. h. auf lokaler bzw. regionaler Ebene, eigeninitiatives Handeln verhindern und die (politische) Handlungsfähigkeit einschränken können. Vorgaben der Landesplanung könnten hier möglicherweise den Handlungsdruck auf die nachgelagerten Ebenen Regionalplanung und kommunale Planung erhöhen (s. Kap. 5.4).

Einbindung von Akteuren im Rahmen kooperativer Planungsprozesse: Um dem Querschnittscharakter und der Komplexität des Themas Klimaanpassung gerecht zu werden, bedarf es bei der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien und -maßnahmen eines interdisziplinären und integrativen Planungsprozesses. Für die Raumplanung bedeutet dies, dass im Kontext der Klimaanpassung sowohl die Zusammenarbeit und Abstimmung mit betroffenen Fachplanungen bzw. -ressorts als auch die Einbindung der Öffentlichkeit in Planungsprozesse an Bedeutung gewinnt. Neben den umfangreichen gesetzlichen Regelungen zur formellen Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung (z. B. bei der Aufstellung von Raumordnungs- und Bauleitplänen, im Rahmen von Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren und im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) bzw. Strategischen Umweltprüfungen (SUP)) können dafür informelle Kommunikations-, Partizipations- und Kooperationsinstrumente genutzt werden.

Regional bzw. Urban Governance: Laut BMVBS & BBR (2008b) machen die Herausforderungen des Klimawandels eine gesellschaftliche Debatte um das notwendige Maß an Anpassung erforderlich, die den normativen Rahmen für raumplanerisches Handeln vorgeben muss. Dies ist u. a. deshalb geboten, weil der Umgang mit den Unsicherheiten des Klimawandels das klassische „Government“ vor Legitimationsprobleme stellt. Da das Planungsrecht aufgrund der Unsicherheit hinsichtlich zukünftiger Klimaveränderungen keine umfassenden Entscheidungskriterien liefern kann, ist die Planung im Kontext der Klimaanpassung auch auf außerrechtliche Bezüge zur Bewertung von Anpassungsentscheidungen angewiesen (BBAW 2010).

In diesem Zusammenhang erfahren Governance-Ansätze eine besondere Bedeutung, bei denen nicht allein Planungsbehörden als Träger der Prozesse der Raumplanung bzw. Raumentwicklung auftreten, sondern politisch-gesellschaftliche Entscheidungsfindungen getroffen werden, an denen die Bevölkerung, demokratische Gremien, andere Fachpolitiken sowie Wirtschaft und Wissenschaft beteiligt werden (Overbeck et al. 2008). Nach Greiving & Fleischhauer (2008) kann der Diskurs zwischen den beteiligten Akteuren zum Instrument der Normgenerierung werden, da das Zusammenspiel der verschiedenen Interessen und Werte eine neue gemeinsame Orientierung ermöglicht und die Entscheidungsfindung ein breiteres Fundament erhält. Im Hinblick auf die bestehenden Unsicherheiten des Klimawandels könnte somit „faktischer Konsens zum funktionalen Äquivalent rechtlicher Normierung“ werden (s. Kap. 5.4).

Inwieweit die Entwicklung und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen tatsächlich im Konsens erzielt werden kann, ist jedoch fraglich (BBAW 2010). Gerade bei „harten“ Verteilungskonflikten, wie sie etwa bei im Rahmen von Klimaanpassungsmaßnahmen zu erwartenden Flächenkonkurrenzen entstehen können, spielen deshalb weiterhin auch die Möglichkeiten der Restriktion durch hoheitliche Planung eine wichtige Rolle (BMVBS & BBSR 2009c; s. Kap. 5.4).

Anpassungsbereitschaft

Überlegungen zur Entwicklung und Umsetzung von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels sind trotz ihrer großen Bedeutung für die Raumplanung in der Planungspraxis häufig noch nicht angekommen. Hauptursache hierfür ist das oftmals noch mangelnde Bewusstsein für die Folgen des Klimawandels und die Notwendigkeit von Anpassung in Verwaltung, Politik und Öffentlichkeit.

Die Bereitschaft zur proaktiven Berücksichtigung der zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels in der räumlichen Planung wird insbesondere dadurch begrenzt, dass die Informationen, die den Planern zum jetzigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen, als nicht ausreichend angesehen werden. Sowohl bezüglich des Raumbezugs und der Belastbarkeit der Daten als auch im Hinblick auf die daraus abgeleitete Handlungsrelevanz für die Planung wird Verbesserungsbedarf gesehen (Overbeck et al. 2009). Dies ist u. a. auf die relativ geringe institutionelle Bereitschaft und Fähigkeit zum Umgang mit Unsicherheiten und Risiken zurückzuführen, die sich z. B. darin äußert, dass neue planerische Strategien im Umgang mit Naturgefahren oftmals erst durch konkrete Erfahrungen mit Extremereignissen ausgelöst werden (z. B. Strategie des vorbeugenden Hochwasserschutzes) – und weniger durch eine proaktive Strategieentwicklung.

Da planerische Entscheidungen legislativ abgesegnet werden müssen, ist eine aktive, entwicklungs- und umsetzungsorientierte Rolle der Raumplanung bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels nur bei entsprechendem Bewusstsein und Willen der politischen Entscheidungsträger möglich. Dies führt dazu, dass zentrale Erfordernisse der Klimaanpassung, wie z. B. eine Reduktion der Flächeninanspruchnahme/-versiegelung oftmals nur unzureichend umgesetzt werden können, da ihnen andere Zielsetzungen (z. B. wirtschaftliche Belange) gegenüberstehen, die im politischen Prozess höher gewichtet werden (BBAW 2010). Erst wenn neue Themen (wie z. B. Klimaanpassung) auch von der Politik entsprechend wahrgenommen und als wichtig erachtet werden, wird planerisches Handeln möglich. Neben dem politischen Bewusstsein spielt im Hinblick auf die Umsetzbarkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen auch die öffentliche Akzeptanz eine wichtige Rolle (Garrelts et al. 2011). Die (politische und öffentliche) Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen ist grundsätzlich in starkem Maße vom finanziellen Aufwand sowie den Eingriffen und Einschränkungen, die mit deren Umsetzung einhergehen, abhängig. So ist die Anpassungsbereitschaft hinsichtlich kleinräumiger Maßnahmen z. B. im Bereich der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten sicherlich deutlich höher einzuschätzen als diejenige von flächenintensiven Anpassungsmaßnahmen im Binnenhochwasser- oder Küstenschutz.

4.11.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Handlungsbereich „Raumplanung“ in der MPR HB-OL können folgendermaßen bewertet werden:

- Im Handlungsfeld „Schutz von Siedlungsräumen vor Extremwetterereignissen“ ist – je nach Versiegelungsgrad und Bebauungs-/Bevölkerungsdichte von Siedlungsräumen – mit *geringen bis mittleren* durch Hitzeperioden und Starkregeneignissen hervorgerufenen potenziellen Auswirkungen für die raumplanerische Praxis zu rechnen. Während in gut durchlüfteten und relativ gering versiegelten Siedlungsbereichen nur wenig bis gar keine raumwirksamen Anpassungsmaßnahmen erforderlich werden, kann in stark verdichteten und versiegelten städtischen Räumen klimawandelbedingt durchaus Handlungsbedarf entstehen.
- Die potenziellen Auswirkungen im Handlungsfeld „Vorsorge für Biodiversität und Naturschutz“ können zwischen *gering bis hoch* schwanken. Während in Gebieten, in denen bereits heute ein hoher Schutzgebietsanteil und guter Biotopverbund vorhanden ist, geringe raumplanungsrelevante Auswirkungen zu erwarten sind, kann es z. B. im Küsten- und Ästuarbereich zu hohen Auswirkungen für die Raumplanung kommen, da hier zur Erhaltung von Watt- und Vorlandökosystemen möglicherweise aufwändige, mit

erheblichen räumlichen Eingriffen verbundene Anpassungsmaßnahmen (z. B. Deichrückverlegungen) erforderlich werden könnten.

- Die potenziellen Auswirkungen im Handlungsfeld „Wassermanagement und Schutz von Wasserressourcen“ können als *mittel* eingestuft werden. Die Klimaveränderungen werden generell dazu führen, dass Aspekte hinsichtlich der Gewährleistung und Aufrechterhaltung natürlicher Funktionen des Wasserhaushalts in der räumlichen Planung an Bedeutung gewinnen werden. Zudem könnten für die Raumplanung insbesondere aus möglichen raumbezogenen Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Wassermanagements (Zu- und Entwässerung) in den Küstenniederungen neue Handlungserfordernisse entstehen.
- Auch im Handlungsfeld „Flächen- und Risikovorsorge für den Binnenhochwasserschutz“ können die potenziellen Auswirkungen auf die Raumplanung als *mittel* bewertet werden. So kann infolge einer möglichen klimawandelbedingten Zunahme extremer Hochwasserabflüsse eine Ausweitung der für den Hochwasserschutz auszuweisenden Gebiete erforderlich werden. Außerdem können auf die Raumplanung neue Herausforderungen z. B. im Bereich der dezentralen Wasserrückhaltung in den Fließgewässer-Einzugsgebieten oder hinsichtlich der Bauvorsorge in Risikogebieten zukommen.
- Die potenziellen Auswirkungen auf das Handlungsfeld „Flächen- und Risikovorsorge für den Küstenschutz“ sind in Abhängigkeit von der Entwicklung künftiger Küstenschutzstrategien als *gering bis hoch* einzuschätzen. Während aus der Fortsetzung der bestehenden Verteidigungsstrategie (Deicherhöhungen/-verstärkungen) vergleichsweise geringe Flächenansprüche resultieren, würde der Übergang zu einer stärker raumbezogenen Küstenschutzstrategie hohe potenzielle Auswirkungen auf die Raumplanung mit sich bringen, da hierfür entsprechende Raumkonzepte zu entwickeln wären. Erhebliche potenzielle Auswirkungen für die Raumplanung werden sich auch im Bereich der Sicherung von Flächen für die Kleigewinnung ergeben (auch für die Strategie „Verteidigung“).

Neben den potenziellen Auswirkungen für die genannten Handlungsfelder der Raumplanung ergeben sich durch den Klimawandel auch neue bzw. sich verschärfende Herausforderungen für das „System“ Raumplanung. Diese resultieren insbesondere aus der Problematik hinsichtlich der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen für den Bestand, der Frage nach dem Umgang mit den Unsicherheiten und Langfristwirkungen der Klimaveränderungen sowie der Legitimation bzw. Durchsetzbarkeit von Anpassungsmaßnahmen. Insgesamt können die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Handlungsbereich „Raumplanung“ als *mittel* eingeschätzt werden.

Bewertung der Anpassungskapazität

Anpassungswissen: Obwohl klimatische Aspekte und wetterbeeinflusste Extremereignisse (z. B. stadtklimatische Fragestellungen, Schutz vor Hochwasser) zu den „klassischen“ Themen der Raumplanung zählen, wird das Thema „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ in der raumordnerischen und bauleitplanerischen Praxis – im Gegensatz zum Thema Klimaschutz – bisher wenig berücksichtigt. Wissenslücken bestehen insbesondere hinsichtlich der konkreten räumlichen Ausprägung bestimmter Klimaveränderungen und der daraus resultierenden Handlungserfordernisse für die Raumplanung. Aufgrund der zahlreichen bundesweiten Modellvorhaben und Forschungsprojekte in Wissenschaft und Praxis ist jedoch eine Verbesserung des Anpassungswissens zu erwarten, so dass dieses insgesamt als *mittel* eingeschätzt werden kann.

Anpassungsoptionen: Der Aspekt der Klimaanpassung ist als Grundsatz in den Raumordnungsgesetzen (ROG, NROG: Niedersächsisches Gesetz über Raumordnung und Landesplanung) und im LROP Niedersachsen verankert. Zudem bieten sowohl die formellen raumordnerischen und bauleitplanerischen Instrumente als auch bestimmte informelle Planungsansätze (z. B. Regionalmanagement, Regional bzw. Urban Governance, Integriertes Küstenzonenmanagement) eine breite Palette an Möglichkeiten zur Unterstützung einer klimawandelangepassten Raumentwicklung. Hinsichtlich des tatsächlichen Handlungsspielraums der Raumplanung sind allerdings folgende Einschränkungen zu konstatieren, die dafür sorgen, dass die Anpassungsoptionen insgesamt lediglich als *mittel* eingestuft werden können:

- Während im Rahmen der Ausweisung bzw. Änderung von Flächennutzungen oder der Genehmigung und Umsetzung neuer Vorhaben grundsätzlich eine starke raumplanerische Einflussnahme auf die Verringerung der Vulnerabilität bzw. die Steigerung der Resilienz von Raumstrukturen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels möglich ist, gestaltet sich die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen im Bestand als weitaus problematischer. In diesem Zusammenhang besteht das Defizit, dass es bislang kaum wirksame Instrumente für die Lösung von Konflikten zwischen bestehenden Raumnutzungen und neu entstehenden Flächenansprüchen infolge von Klimaanpassungserfordernissen gibt.
- Neben der Weiterentwicklung planerischer Instrumente im Hinblick auf den Umgang mit bestehenden Raumstrukturen ist vor dem Hintergrund der Unsicherheiten und Langfristwirkungen des Klimawandels außerdem eine Flexibilisierung des Instrumentariums notwendig. Erste Vorschläge in diese Richtung sind in der Fachliteratur zwar vorhanden, müssten jedoch noch entsprechend implementiert werden.
- Die aus dem niedersächsischen Planungssystem resultierenden kleinräumigen Abgrenzungen der Regionalplanungseinheiten (Landkreise und kreisfreie Städte) erschweren die Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an großräumige, die Grenzen der einzelnen Landkreise überschreitende Auswirkungen des Klimawandels.

Anpassungsbereitschaft: Die Thematisierung von Klimaanpassungsfragen in der Raumplanung ist bisher nicht besonders ausgeprägt. Dies liegt u. a. darin begründet, dass die zur Verfügung stehenden Informationen hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels vielfach als nicht ausreichend belastbare Grundlage für konkrete Planungsentscheidungen angesehen werden (fehlende Bereitschaft und Fähigkeit zum Umgang mit Unsicherheiten). Die Handlungsfähigkeit der Raumplanung im Kontext Klimaanpassung wird zudem durch die z. T. mangelnde Sensibilisierung und Risikowahrnehmung von Politik und Öffentlichkeit begrenzt, da hieraus für die Planung Legitimationsdefizite im Hinblick auf Anpassungsentscheidungen resultieren können. Insgesamt erschweren diese Umstände, dass die Raumplanung das Thema Klimaanpassung initiativ aufgreift. Die Anpassungsbereitschaft kann daher als *gering bis mittel* eingestuft werden.

Insgesamt ergeben die als *mittel* bewerteten Faktoren Anpassungswissen und Anpassungsoptionen und die als *gering bis mittel* eingeschätzte Anpassungsbereitschaft eine als ***mittel*** einzustufende Anpassungskapazität im Handlungsbereich „Raumplanung“.

Bewertung der Vulnerabilität

Aus der Kombination der als *mittel* eingestuften potenziellen Auswirkungen des Klimawandels mit der als *mittel* eingeschätzten Anpassungskapazität ergibt sich eine ***mittlere*** Vulnerabilität des Handlungsbereichs Raumplanung in der MPR HB-OL.

4.12 Bevölkerungs- und Katastrophenschutz

Jan Spiekermann, Stefan Wittig

Die vollständige Analyse der Vulnerabilität für den Handlungsbereich Bevölkerungs- und Katastrophenschutz findet sich in Schuchardt et al. 2011. Dort sind die relevanten Klimaparameter, die die Exposition bestimmen, und die betrachteten Sensitivitätsaspekte dargestellt. Die folgende Kurzfassung beschreibt die im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vorgenommenen Bewertungsschritte. Die Veränderungen der betrachteten Klimaparameter aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind zusätzlich im Anhang (Tabelle 19) zusammengefasst.

4.12.1 Sensitivität und potenzielle Auswirkungen

Laut Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) ist der Bevölkerungsschutz „die Summe der zivilen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen

vor den Auswirkungen von Kriegen, bewaffneten Konflikten, Katastrophen und anderen schweren Notlagen sowie solcher zur Begrenzung und Bewältigung der genannten Ereignisse. Bevölkerungsschutz umfasst Katastrophenschutz, Zivilschutz und Katastrophenhilfe“ (Website BBK). Während der **Zivilschutz**, der die Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung im Verteidigungsfall umfasst, durch den Bund geregelt wird, liegt die Zuständigkeit für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung im Rahmen des **Katastrophenschutzes** bei den Ländern. Die Ausführung des Katastrophenschutzes wird durch Landesgesetze (in Niedersachsen: Niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz (NKatSG); in Bremen: Bremisches Hilfeleistungsgesetz (BremHilfeG)) geregelt. Als untere Katastrophenschutzbehörden fungieren in der MPR HB-OL die niedersächsischen Landkreise und kreisfreien Städte sowie die Städte Bremen und Bremerhaven. Oberste Aufsichtsbehörden sind in Niedersachsen das Niedersächsische Ministerium für Inneres und Sport und in Bremen der Senator für Inneres und Sport (Website Nds. MI; Website SIS). Zur Durchführung von Gefahrenabwehrmaßnahmen im Katastrophenfall bilden sie einen Führungsstab (Einsatzleitung), der die operativ-taktischen Maßnahmen der Katastrophenschutzorganisationen (z. B. Feuerwehren, Rettungsdienste) leitet, sowie einen Verwaltungsstab (Krisenstab), der das administrativ-organisatorische Verwaltungshandeln des für den Katastrophenschutz zuständigen Fachbereichs und aller weiteren an der Gefahrenabwehr beteiligten staatlichen Stellen (z. B. Gesundheitsverwaltung, Ordnungs- und Umweltschutzbehörde, Polizei) sowie ggf. weiterer Institutionen und Einrichtungen (z. B. Ver- und Entsorgungs- oder Verkehrsbetriebe) koordiniert. Zur Hilfe bei einer Naturkatastrophe oder bei einem besonders schweren Unglücksfall können die Länder zudem Kräfte und Einrichtungen des Bundes (**Katastrophenhilfe**) anfordern (z. B. Technisches Hilfswerk, Bundespolizei, Bundeswehr) (Milberg 2010).

Der Klimawandel wird sich im Bereich Bevölkerungs- und Katastrophenschutz in erster Linie durch die zu erwartende Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen wie Hitzeperioden, Starkregen, Binnenhochwassern, Stürmen und Sturmfluten bemerkbar machen. Daneben können sich aber auch „schleichende“ Veränderungen auf den Bevölkerungsschutz auswirken, da dies möglicherweise zu einer Zunahme von vektorgebundenen Krankheiten führen kann. Obwohl der Bevölkerungsschutz grundsätzlich bereits heute auf die Bewältigung von Extremwetterereignissen eingestellt ist, können durch die klimatischen Veränderungen dennoch neue bzw. zusätzliche Herausforderungen für den Bevölkerungsschutz und den Schutz von Kritischen Infrastrukturen entstehen (BBK 2009; BMI 2009), die laut der DAS die „materiellen Ressourcen, das Krisen- und Notfallmanagement sowie die Planung des operativen Einsatzes betreffen“ (Bundesregierung 2008).

Eine Konsequenz der zu erwartenden Folgen des Klimawandels für den **Bevölkerungsschutz** besteht z. B. darin, dass er mittel- bis langfristig seine materiellen und personellen Kapazitäten stärker auf vermehrt auftretende und intensivere Naturereignisse ausrichten muss (BBK 2008). So ist beispielsweise mit häufigeren Einsätzen infolge von Binnenhochwasser- und Sturmfluterereignissen (z. B. Deichverteidigung, Evakuierungs- und Rettungsmaßnahmen), infolge von Stürmen (z. B. Entfernen umgestürzter Bäume) und Starkregenereignissen (z. B. Auspumpen von Kellergeschossen) oder infolge von Hitzewellen (z. B. erhöhte Anforderungen an den Rettungs- und Sanitätsdienst aufgrund zunehmender Herz-Kreislaufkrankungen) zu rechnen. An der Küste kann es aufgrund der klimawandelbedingt häufigeren Stürmen und extremer Seegangbedingungen zudem zu erhöhten Anforderungen an die Seenotrettung und das Havariekommando kommen. Der Klimawandel wird sich außerdem auf die jahreszeitliche Gebundenheit und Verfügbarkeit von Personal und technischem Gerät auswirken. So verändern sich beispielsweise durch die Zunahme von sommerlichen Hitzeperioden und die Abnahme von winterlichen Frost- und Eistagen die Anforderungen an den Bevölkerungsschutz dahingehend, dass weniger Winterdienst erforderlich ist, dafür aber mehr Rettungs- und Sanitätskräfte für die Bewältigung der gesundheitlichen Auswirkungen sommerlichen Hitzestresses gebraucht werden (BBK 2007a). Vor dem Hintergrund des Klimawandels stellt zudem der Umgang mit multiplen klimabezogenen Risiken eine zentrale Herausforderung für den Bevölkerungsschutz dar. So müssen die zuständigen Akteure sicherstellen, dass sie mit ihren Kapazitäten auch in hohen Belastungsphasen, bei kurzen Wiederkehrzeiten von Einsatzlagen oder parallel auftretenden Ereignissen (z. B. Hitzewelle und Starkniederschläge; Hochwasserlage und heftiger Sturm) angemessen reagieren und die Sicherheit von Mensch und Umwelt gewährleisten können (Gebauer et al. 2010b). Neben der stärkeren Nachfrage nach den Dienstleistungen des Bevölkerungsschutzes, die an sich schon

eine höhere Belastung bedeutet, wird die Arbeit der Akteure des Bevölkerungsschutzes zunehmend auch durch die sich im Zuge des Klimawandels verstärkende Eigenbetroffenheit erschwert (Gebauer et al. 2010a), z. B. dadurch, dass Liegenschaften oder Ausrüstung von Hilfsorganisationen zerstört werden, sich die Einsatzbedingungen für das eigene Personal erschweren (z. B. durch zunehmende Hitzebelastungen) oder dadurch, dass wichtige Infrastrukturen nicht bzw. nur eingeschränkt nutzbar sind.

Besonders gefährdet durch wetterbedingte Naturgefahren/-katastrophen sind sog. **Kritische Infrastrukturen**¹⁸. Im Folgenden werden einige potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die im Zusammenhang mit dem Bevölkerungsschutz relevanten Kritischen Infrastrukturen in der MPR HB-OL skizziert:

- **Versorgungsinfrastrukturen** (Energie- und Wasserversorgung, IuK-Technologien): Extrem(wetter)ereignisse wie starke Stürme, Gewitter, Starkregen, Hochwasser, Eis und Schnee können Leitungsnetze beeinträchtigen und Störungen hervorrufen. Generell kann infolge der möglichen klimawandelbedingten Zunahme der Frequenz und Intensität von Extremwetterereignissen von einem erhöhten Schädigungsgrad und einer steigenden Ausfallwahrscheinlichkeit leitungsgebundener Infrastrukturen ausgegangen werden (z. B. Ausfall von Umspannwerken oder Verteilerkästen infolge von Überschwemmungen, Beschädigung von Freileitungen und Masten durch Sturmeeinwirkung). Aufgrund länger anhaltender sommerlicher Hitze- und Trockenperioden kann es u. U. zu lokalen Einschränkungen der Brauchwasserversorgung (z. B. Löschwasser) kommen – bei einer gleichzeitig trockenheitsbedingt erhöhten Brandgefahr (z. B. Waldbrände). Der Klimawandel kann sich zudem auf thermische Kraftwerke und damit auf die Versorgung mit Strom und Wärme auswirken (s. Kap. 4.8). So können höhere Wassertemperaturen in den Sommermonaten zukünftig häufiger dazu führen, dass die Wärmeaufnahmekapazität der Gewässer vermindert wird und aufgrund wasserrechtlicher Regelungen zum Schutz der Ökosysteme die Wiedereinleitung von Kühlwasser und damit die Leistung der Kraftwerke verringert werden muss. Bei entsprechenden Engpässen der Versorgungsinfrastruktur wären daher zukünftig möglicherweise vermehrt die kooperativen Informations- und Ersatzversorgungsinfrastrukturen des Bevölkerungsschutzes mit gefragt (Gebauer et al. 2010a).
- **Transport- und Verkehrswesen**: Das vermehrte Auftreten wetterbedingter Extremereignisse stellt auch für den Transport- und Verkehrssektor eine Herausforderung dar (s. Kap. 4.9). Heftige Stürme und Starkniederschläge können zur Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse, zur Beschädigung hoher Anlagen (Oberleitungsmasten, Signalanlagen) sowie zum Versperren von Gleisanlagen und Straßen durch umgestürzte Bäume und Überschwemmungen führen. Starke Gewitter stellen zudem eine Gefahr für die elektrischen Leitsysteme der Bahn dar. Ferner können durch Hochwasser oder heftige Niederschläge hervorgerufene Unterspülungen von Verkehrsstrassen Beschädigungen und Unterbrechungen des Schienen- und Straßenverkehrsnetzes nach sich ziehen. Infolge sehr hoher Temperaturen kann es überdies zu Beeinträchtigungen der physischen Konstitution der Fahrzeuglenker und zu Beschädigungen des Straßenbelages kommen (BBK 2007a; Gebauer et al. 2010a). Für den Bevölkerungsschutz bedeutet dies, dass aufgrund der durch die genannten Faktoren insgesamt zunehmenden Unfallgefahr bzw. wegen des erhöhten Risikos von Betriebseinschränkungen zukünftig verstärkt Rettungskräfte und Hilfsorganisationen für Versorgungs-, Bergungs- und (Ab-)Sicherungseinsätze nachgefragt werden könnten (Gebauer et al. 2010a). Da der Bevölkerungsschutz vielfach selbst auf funktionierende Transport- und Verkehrsinfrastrukturen angewiesen ist, können sich die oben beschriebenen negativen Effekte zudem direkt auf die Einsatzfähigkeit von Bevölkerungsschutzeinheiten auswirken. Den negativen Folgen des Klimawandels für den Transport- und Verkehrssektor durch die oben genannten Extremwetterereignisse steht zukünftig als positiver Effekt jedoch eine

¹⁸ Nach der Definition des BBK (2010) handelt es sich bei Kritische Infrastrukturen (KRITIS) um „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“.

Reduzierung der winterlichen Einschränkungen durch Glatteis und Schnee gegenüber, die sich aus der Erhöhung der winterlichen Durchschnittstemperaturen, der geringeren Anzahl an Frost- und Eistagen sowie der zurückgehenden Schneemenge ergibt.

- **Gesundheitsversorgung:** Wetter, Witterung und Klima beeinflussen die menschliche Gesundheit sowohl direkt als auch indirekt (s. Kap. 4.1). Direkte Auswirkungen sind die unmittelbaren Folgen von bestimmten Klima- oder Wetterzuständen, insbesondere von Temperaturextremen, auf den menschlichen Organismus. Die klimawandelbedingte Zunahme extremer Hitzebelastungen wird hier zu einem Anstieg von Herz-Kreislaufkrankungen insbesondere bei älteren Menschen, chronisch Kranken und Neugeborenen bzw. Kleinkindern führen (BBK 2008). Indirekte Auswirkungen von Klima- und Wetterverhältnissen auf die menschliche Gesundheit resultieren dagegen z. B. aus der Veränderung des Verbreitungsgebietes und Infektionspotentials von Krankheitsüberträgern. So könnte im Zuge des Klimawandels vor allem die Gefahr von Epidemien und eines vermehrten Auftretens vektorgebundener Krankheiten zunehmen (Gebauer et al. 2010a). Indirekte Auswirkungen können zukünftig zudem durch häufiger auftretende Extremwetterereignisse wie Hochwasser und Stürme hervorgerufen werden, die zu Verletzungen oder zum Tode von Menschen führen können. Infolge der Zunahme von Hitzeperioden (s. Abbildung 25 im Anhang) ist des Weiteren mit mehr Verletzten durch Verkehrs- und Arbeitsunfälle zu rechnen (BBK 2007a). Insgesamt werden das öffentliche Gesundheitssystem und die (gesundheitlichen) Hilfsorganisationen des Bevölkerungsschutzes durch die oben skizzierten Entwicklungen vor größere logistische, personelle und medizinische Herausforderungen gestellt.

4.12.2 Anpassungskapazität

Anpassungswissen

Da der Umgang mit wetterbedingten Extremereignissen ein klassisches Aufgabenfeld des Bevölkerungs- und Katastrophenschutzes darstellt, sind bei den zuständigen Institutionen und Akteuren grundsätzlich umfangreiche **Erfahrungen** zur Bewältigung dieser Gefahren vorhanden. Durch den Klimawandel kann es jedoch zu einer Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterereignissen und damit möglicherweise auch zu einer Zunahme daraus resultierender Krisensituationen kommen, auf die die Institutionen und Akteure in dieser Form bisher nicht eingestellt sind. Zudem könnten sich aufgrund der klimatischen Veränderungen auch gänzlich neue Risiken ergeben, wie z. B. die Verbreitung von für diese Region neuartigen Krankheiten. Da sich der Bevölkerungsschutz erst in jüngerer Zeit mit dem Thema Klimawandel auseinandergesetzt hat, sind die möglichen Auswirkungen noch relativ wenig untersucht (Bundesregierung 2008). Bedarf besteht vor allem noch bei der Generierung von Kenntnissen über die künftige Entwicklung der Auftretenshäufigkeit von Extremereignissen sowie in der Verknüpfung vorhandener Risikoanalysen mit Szenarien des Klimawandels (BBK 2009).

Mit dem möglichen Anpassungsbedarf, der sich aus der Veränderung der Klimaverhältnisse ergibt, beschäftigen sich seit 2007 im Rahmen einer strategischen Behördenkooperation das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), das Umweltbundesamt (UBA), der Deutsche Wetterdienst (DWD) und das Technische Hilfswerk (THW), die eine Arbeitsgruppe „Klimawandel und Bevölkerungsschutz“ gebildet haben. Zusätzlich wurde beim BBK eine Arbeitsgruppe „Klimawandel und Anpassung im Katastrophenschutz“ eingerichtet, in der Vertreterinnen und Vertreter der bundesweit tätigen Hilfsorganisationen, der Feuerwehren und des THW die Herausforderungen des Klimawandels diskutieren, Informationen austauschen und Lösungsansätze erarbeiten. Zudem gibt es mittlerweile eine Reihe von **Forschungsprojekten**, die sich mit dem Thema Klimawandel und Bevölkerungs-/Katastrophenschutz beschäftigen, z. B. das BBK-Projekt „Klimawandel - Anpassungsbedarf aus Sicht des Bevölkerungsschutzes“, das Projekt „Kritische Infrastruktur, Bevölkerung und Bevölkerungsschutz im Kontext klimawandelbeeinflusster Extremwetterereignisse“ (KIBEX) oder das Interreg IIIb-Projekt „Chain of Safety“, das sich mit der Bewältigung des Katastrophenszenarios Sturmflut auseinandersetzt.

Anpassungsoptionen

Strategien

Vor dem Hintergrund des Klimawandels sind einerseits technisch-materielle und andererseits organisatorische Anpassungsstrategien des Bevölkerungsschutzes erforderlich. So kann beispielsweise auf ein erhöhtes Ausfallrisiko der Stromversorgung infolge von Sturm, Hitze oder Überschwemmungen mit einer Verstärkung der Ausrüstung von Einsatzkräften mit zusätzlichen mobilen Notstromversorgungsaggregaten, die nicht nur der Eigenversorgung dienen, sondern auch für die Notversorgung der Bevölkerung eingesetzt werden können, reagiert werden (Allianz 2008). Um häufigeren und intensiveren Hitzewellen zu begegnen, könnten Krankenhaus- und Notfallstrukturen auf Massenanfälle von Hitzeopfern vorbereitet werden, indem Transportkapazitäten, Betten, Medikamente etc. in ausreichendem Maße vorgehalten werden (Gebauer et al. 2010a). Als weitere Anpassungsmaßnahmen eignen sich Hitzewarnsysteme, angepasste Bauweisen und die Installation von Kühlungssystemen in Gebäuden und Rettungs- bzw. Krankentransportfahrzeugen (DKKV 2009). Für den Fall, dass sich die Ausbreitung vektorgebundener Krankheiten bestätigt, gilt es, die Transport- und Behandlungskapazitäten von Rettungskräften und Krankenhäusern anzupassen und das Personal hinsichtlich der Diagnose- und Behandlungsfähigkeit sowie des Selbstschutzes ausreichend zu schulen. Des Weiteren sollten frühzeitig Epidemienotfallpläne aufgestellt werden, die entsprechende Krankheitsszenarien berücksichtigen (Gebauer et al. 2010a).

Neben der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen im Zuständigkeitsbereich der für den Bevölkerungsschutz verantwortlichen Behörden und Organisationen können auch von Anpassungsstrategien in anderen Fachbereichen positive Effekte für den Bevölkerungsschutz ausgehen, z. B. durch Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasser- oder Küstenschutz, Anpassungen der Wasserwirtschaft oder die Berücksichtigung von klimawandelbedingten Risiken in der räumlichen Planung bzw. im Bauwesen (s. Kap. 4.2, Kap. 4.3, Kap. 4.4 und Kap. 4.11). Auch die DAS greift diese Thematik auf und betont, dass der Bevölkerungsschutz in vielerlei Hinsicht Zuständigkeiten verschiedener Ressorts und Fachpolitiken berührt. Aus diesem Grund wird der Bevölkerungsschutz in der DAS als Querschnittsthema bezeichnet (Bundesregierung 2008). In der Praxis findet allerdings bisher oftmals nur eingeschränkt eine Integration präventionsrelevanter Erkenntnisse in die Planung (Raumplanung, Verkehrsplanung, Industriepolitik etc.) statt (Garrelts et al. 2011). Dies liegt darin begründet, dass der Katastrophenschutz primär nicht zum Schutz vor Katastrophen bzw. zu deren Verhütung ausgelegt ist, sondern schwerpunktmäßig auf reaktive Aktivitäten, nachdem die Katastrophe eingetreten ist (Allianz 2008).

Ein wichtiger Bereich der Sicherheits- bzw. Risikovorsorge für den Bevölkerungsschutz besteht im **Schutz von Kritischen Infrastrukturen**. In diesem Bereich hat es in den vergangenen Jahren eine Reihe von Aktivitäten gegeben: So wurde aufbauend auf einem Basisschutzkonzept (s. BMI 2005) ein Leitfaden für das Risiko- und Krisenmanagement in Unternehmen und Behörden (s. BMI 2007) entwickelt und als politisch-strategisches Ergebnis im Juni 2009 vom Bundeskabinett schließlich die „Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen“ (KRITIS-Strategie) verabschiedet (s. BMI 2009). Die Empfehlungen zum Schutz Kritischer Infrastrukturen zielen darauf ab, wichtige Prozesse und Anlagen besser zu schützen, Ausfälle zu vermeiden und bei Störungen die jeweilige Funktionsfähigkeit so schnell wie möglich wiederherzustellen (Business Continuity Management). Neben der baulichen Verstärkung von Gebäuden und Systemen wie etwa Wasser- oder Stromnetzen stellen Notfall- und Evakuierungspläne, Warnsysteme und Informationsmöglichkeiten weitere empfohlene Vorsorgemaßnahmen für den Katastrophenfall dar.

Neben dem professionellen Bevölkerungsschutz durch die zuständigen Institutionen und Akteure des Katastrophenmanagements kommt auch der Bevölkerung als handelndem Subjekt eine besondere Rolle zu. Die Folgen einer Katastrophe können durch **Selbstschutz und Selbsthilfe der Betroffenen**, d. h. durch Verhütung (z. B. Maßnahmen zum Hochwasserschutz an Gebäuden) und Vorsorge (z. B. Vorratshaltung von Lebensmitteln und Bereithaltung von Hausapotheke und Notgepäck für den Notfall, Vorbereitung auf Stromausfall) sowie Selbst- bzw. Nachbarschaftshilfe (z. B. Erste-Hilfe-Maßnahmen) und richtiges Verhalten im Ereignisfall (z. B. ausreichend Flüssigkeitszufuhr während Hitzeperioden), verringert oder vermieden werden. Hier ist z. B. der vom BBK veröffentlichte Ratgeber „Für den Notfall vorgesorgt – Vorsorge und Eigenhilfe in Notsituationen“ (BBK 2007b), der auch in vielen Kommunen öffentlich ausliegt, zu nennen.

Instrumente

Zur Einschätzung und Bewertung der Risiken, die z. B. von Extremwettergefahren ausgehen und die die Bevölkerung und wichtige Versorgungseinrichtungen (Kritische Infrastrukturen) betreffen, bilden **Risikoanalysen** eine wichtige Basis. Das BBK hat eine pragmatische Methode und einen Leitfaden für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz entwickelt (s. BBK 2010b), die auf allen Verwaltungsebenen – insbesondere auch auf Ebene der unteren Katastrophenschutzbehörden (Landkreise und kreisfreie Städte) – angewandt werden können. Die mit Hilfe der Risikoanalyse generierten Erkenntnisse können als Grundlage für Entscheidungen des Risikomanagements, der Notfallplanung und des Krisenmanagements dienen. Außerdem können die Ergebnisse zur Sensibilisierung der Bevölkerung und von Betreibern Kritischer Infrastrukturen genutzt werden, um deren Bereitschaft zum Selbstschutz bzw. zur Selbsthilfe zu stärken (Walter 2010). Dies kann u. a. mit Hilfe von Gefahren- und Risikokarten erfolgen, da Karten ein geeignetes Mittel sind, um das Bewusstsein für Risiken zu bilden und zu schärfen (Gullotta & Schulz 2010). Das DKKV (2009) weist darauf hin, dass Risikoanalysen für den Bevölkerungsschutz zwingend die dynamische Entwicklung des Risikos berücksichtigen müssen. D. h., dass z. B. auch die Auswirkungen des Klimawandels in die Ausarbeitung von Risikoanalysen einfließen sollten.

Die Katastrophenschutzbehörden sind gesetzlich dazu verpflichtet, **Katastrophenschutzpläne** zu erstellen. Der grundsätzliche Aufbau von Katastrophenschutzplänen ist in Niedersachsen über Ordnungsziffern geregelt, so dass alle niedersächsischen Pläne die gleiche Struktur aufweisen (Website Nds. MI). Das macht die Pläne untereinander kompatibel und erleichtert die Abstimmung bei großräumigen, die Kreisgrenzen überschreitenden Katastrophenlagen. Da es allerdings keine einheitlichen Qualitätsstandards und -kontrollen für Katastrophenschutzpläne gibt, entscheidet jede Behörde individuell über deren Umfang und Qualität. Dies kann dazu führen, dass Lücken, Strategiefehler und Irrtümer unerkannt bleiben bzw. vernachlässigt oder verdrängt werden (Allianz 2008). Zur Anpassung der Katastrophenschutzplanungen an den Klimawandel sollten über den derzeitigen Stand hinausgehende zukünftige extremwetterbedingte Risiken berücksichtigt und in das Katastrophenschutzmanagement integriert werden. Dabei ist zu beachten, dass der Klimawandel nur eine von verschiedenen Komponenten darstellt, die Einfluss auf die Risikoentwicklung haben. So werden sich z. B. auch die zukünftigen Entwicklungen im Bereich der Infrastrukturen oder der sozioökonomische und demografische Wandel auswirken (DKKV 2009).

Zur Unterstützung bei der Bewältigung eines tatsächlichen Katastrophenfalls wurde mit dem **deutschen Notfallvorsorge-Informationssystem** (deNIS II^{plus}) ein auf Geodaten basierendes, modulares Krisenmanagementsystem eingerichtet. Das System beinhaltet eine Reihe von Werkzeugen, die es den Nutzern im Fall einer Gefahrenlage u. a. erlauben, Lagekarten zu erstellen und fortzuführen, Informationen auszutauschen, Engpassressourcen zu verwalten und eine Dokumentation des Einsatzablaufs zu führen. Durch den Anschluss der Lagezentren der Bundesressorts und der obersten Katastrophenschutzbehörden der Länder wurde bisher lediglich eine Vernetzung auf der oberen Verwaltungsebene erreicht. Weiteres Ziel ist es jedoch, diese Vernetzung auch bis auf die untere Ebene der Gefahrenabwehr auszubauen, um auch die Kreise und kreisfreien Städte an das System anzuschließen (Corr 2010).

Ein wichtiger Faktor eines effektiven Bevölkerungsschutzes ist die schnelle und umfassende **Warnung und Information** der zuständigen Institutionen sowie der betroffenen Bevölkerung. Hierzu wird durch den Bund ein flächendeckendes satellitengestütztes Warnsystem (SatWaS) bereitgestellt, welches das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ) mit den öffentlich-rechtlichen und privaten Rundfunkanbietern sowie Presseagenturen verbindet. Auf diese Weise können Warndurchsagen innerhalb von Sekunden über verschiedene Medien wie Radio, Fernsehen und Internetportale verbreitet werden (Bundesregierung 2008). Darüber hinaus ist vorgesehen, SatWaS unter Einbindung der in den Ländern vorhandenen Systeme zu einem Modularen Warnsystem (MoWaS) weiterzuentwickeln, durch das den Katastrophenschutzbehörden in den Ländern die Möglichkeit eröffnet wird, Warnsysteme im jeweiligen Zuständigkeitsgebiet zu aktivieren (Fritzen 2010). Für die Warnung vor Extremwetterereignissen (Unwetterwarnung) sind die Wetterdienste zuständig. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) wurde vom Gesetzgeber mit der Aufgabe betraut, alle Katastrophenschutzeinrichtungen in Deutschland

einheitlich über drohende Wettergefahren zu informieren (z. B. Sturm- und Gewitterwarnungen, Warnung vor Starkregen, Hagel, extremem Schneefall, Hitze- und Kälteeinbrüchen). Zu diesem Zweck betreibt der DWD das sogenannte Feuerwehr-Wetter-Informationssystem (FeWIS), das sich inzwischen durch zahlreiche Erweiterungen zu einem umfassenden Katastrophenschutzportal entwickelt hat (DWD 2009). Die Länder haben mit dem DWD zudem eine Vereinbarung darüber geschlossen, dass dieser Pflegedienste, Heime, Gesundheitsämter und Krankenhäuser per E-Mail über bestehende Hitzewarnungen informiert (BBK 2009: s. a. Kap. 4.1). Die Hochwasservorhersage und -warnung wird in Niedersachsen und Bremen durch die Hochwasservorhersagezentrale des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Natur- und Küstenschutz (NLWKN) gewährleistet (Website NLWKN, SBU 2003: s. a. Kap. 4.3). Die Sturmflutvorhersage und -warnung erfolgt durch einen überregionalen Sturmflutwarndienst für die niedersächsische Küste und die Ästuare, den der NLWKN in enger Zusammenarbeit mit dem DWD und dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrologie (BSH) betreibt (NLWKN 2007: s. a. Kap. 4.4).

Ebenfalls von hoher Bedeutung für die Effektivität des Bevölkerungsschutzes sind **Ausbildungs-, Weiterbildungs- und Trainingsmaßnahmen**. Die zentrale Bildungseinrichtung auf dem Gebiet des Zivil- und Katastrophenschutzes ist die Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz (AKNZ) des BBK. Neben zahlreichen Seminaren und Übungen werden regelmäßig Workshops und Fachkongresse durchgeführt, die sich an Führungs- und Lehrkräfte aus dem Bereich des Bevölkerungsschutzes, an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus Verwaltungen aber auch an Mitglieder aus Feuerwehren und Hilfsorganisationen wenden (Franke 2010). Im Rahmen der strategischen Krisenmanagementausbildung führt das BBK zudem das Programm „Länderübergreifende Krisenmanagement-Übung/EXercise“ (LÜKEX) durch, das auf die Überprüfung gesamtgesellschaftlicher Vorsorgesysteme zum Schutz der Bevölkerung abzielt (BBK 2010a). Unabhängig vom LÜKEX-Programm fand im Jahr 2002 in Bremen und dem niedersächsischen Umland eine Großübung („Starke Hanseaten“) mit 1.500 Hilfskräften von rund 20 Organisationen aus unterschiedlichen Bundesländern statt, bei der verschiedene Schadensfälle, darunter u. a. ein Deichbruch, durchgespielt wurden (Garrelts et al. 2011). Vor dem Hintergrund der zu erwartenden klimatischen Veränderungen gilt es, Ausbildungs-, Weiterbildungs- und Übungsinhalte dahingehend zu überprüfen, inwieweit diese die klimawandelbedingten Auswirkungen bereits hinreichend berücksichtigen (DKKV 2009). Neben der Ausbildung und Fortbildung von Rettungs-, Einsatz- und Führungskräften könnte z. B. auch ein Basistraining, wie z. B. Erste-Hilfe-Kurse und Evakuierungsübungen, für von klimawandelbedingten Katastrophenereignissen bedrohte Bevölkerungsgruppen organisiert werden (BBK 2009).

Ressourcen

Die Einsatzkräfte des Katastrophenschutzes bestehen einerseits aus den hauptamtlichen Personen, die für Sicherheits- und Rettungsdienste im katastrophensicheren Alltag zuständig sind, z. B. Berufsfeuerwehren, Polizei, Notärzte und Kliniken. Der zahlenmäßig größere Teil setzt sich jedoch aus freiwilligen, ehrenamtlichen Helfern zusammen, die sich in verschiedenen Organisationen engagieren (Freiwillige Feuerwehren, THW, Rotes Kreuz, DLRG, Arbeiter-Samariter-Bund, Malteser Hilfsdienst, Johanniter-Unfall-Hilfe etc.). Obwohl Deutschland mit diesem einmaligen Helferpotenzial weltweit führend ist, lassen sich dennoch einige Probleme identifizieren, die zu Engpässen in der Verfügbarkeit von Katastrophenschutzpersonal führen können (Allianz 2008):

Derzeit ist ein Trend zu beobachten, der auf ein rückläufiges Interesse zur Wahrnehmung ehrenamtlicher Tätigkeiten im Bereich des Bevölkerungsschutzes hindeutet. So beklagen insbesondere in städtischen Bereichen gelegene Freiwillige Feuerwehren und Rettungsdienste einen erheblichen Nachwuchsmangel.

Personalengpässe können zudem bei flächendeckenden Katastrophen (z. B. Sturm, Überschwemmung, Epidemie) entstehen, wenn sowohl die hauptamtlichen Einsatzkräfte als auch die freiwilligen Helfer selbst von den Ereignissen betroffen sind und nicht bzw. nur eingeschränkt für einen organisierten Katastrophenschutz zur Verfügung stehen.

Neben personellen Engpässen kann es im Katastrophenschutz auch zu finanziellen Engpässen kommen. Die Finanzierung des Katastrophenschutzes steht in den Budgetplanungen an eher nachrangiger Stelle. Da selbst vorrangige Etats oftmals unter Kostensenkungsdruck zu leiden haben, gilt dies für den Katastrophenschutz erst recht. Der klimawandelbedingt zu erwartende Mehraufwand im Bereich des Katastrophenschutzes kann deshalb nur durch ein ausreichendes privates Spendenaufkommen und durch eine Zunahme von ehrenamtlichen Mitgliedern aufgefangen werden (Allianz 2008). Eine Möglichkeit, den zunehmenden ökonomischen Zwängen zu begegnen, besteht auch darin, dass Hilfsdienste und Feuerwehren ihre Arbeitsabläufe und Ausrüstungen stärker vereinheitlichen, indem sie gemeinsame Materialpools (Decken, Kanister, Verbandsmaterial etc.) und Notfallinfrastrukturen (Schutzausrüstung, Feldbetten, Hochwasserschutzelemente etc.) einrichten oder gemeinsam bestimmte Fahrzeuge und Spezialausrüstungen erwerben (Gebauer et al. 2010a). Auf diese Weise könnten Synergien geschaffen werden.

Anpassungsbereitschaft

Die Bereitschaft zur Umsetzung von Anpassungsstrategien und -maßnahmen im Handlungsbereich Bevölkerungsschutz hängt im Wesentlichen davon ab, ob die relevanten Akteure (Katastrophenschutzbehörden, Hilfsorganisationen, Betreiber Kritischer Infrastrukturen, Bevölkerung) über ein entsprechendes Problembewusstsein verfügen, das dazu führt, dass sie die Auswirkungen des Klimawandels bei der Planung des Katastrophenmanagements berücksichtigen.

Wie die Untersuchungen des AB Governance im Rahmen von ‚nordwest2050‘ ergeben haben, sind alle befragten Akteure (Katastrophenschutzbehörden und Feuerwehr) von einem hohen derzeit und mittelfristig bestehenden Schutzniveau des Bevölkerungsschutzes in der MPR HB-OL überzeugt. Aus ihrer Sicht stellt sich die Frage nach Anpassungsnotwendigkeiten aus der heutigen Perspektive nicht dringend. Vielmehr wird von den Akteuren auf die noch verfügbare Zeit verwiesen, um Fragen der Anpassung zu klären. Dem liegt die Überzeugung zugrunde, dass das eigene Aufgabenfeld – sowohl hinsichtlich der Entwicklung des Klimawandels und daraus resultierender Folgen als auch hinsichtlich der extern (politisch) bestimmten Kapazitäten – als dynamisch genug angesehen wird, um anfallende Herausforderungen zu bewältigen (Garrelts et al. 2011).

Laut einer Studie der Allianz Deutschland AG hat der Großteil der Bevölkerung (ca. 90%) ein mittleres bis großes Vertrauen in den Katastrophenschutz. Zugleich ist in der Bevölkerung nur ein geringes Bewusstsein für Ereignisse vorhanden, die schlimmer sein können als diejenigen, die innerhalb der letzten Jahre (erfahrbar) aufgetreten sind. Beides zusammen führt dazu, dass die Bürger insgesamt wenig bis keinen persönlichen Handlungsbedarf für Vorsorgemaßnahmen (z. B. Anlegen von Vorräten, Aufstellen von Verhaltensregeln für den Katastrophenfall) sehen (Allianz 2008).

4.12.3 Vulnerabilitätsbewertung

Bewertung der potenziellen Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Handlungsbereich „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“ sind nur schwer abzuschätzen, da ihre Höhe insbesondere von der zukünftigen Intensität von Extremwetterereignissen abhängt. Klimawandelbedingte Veränderung im Auftreten von Extremwetterereignissen lassen sich bisher jedoch nur schwer prognostizieren und Aussagen hierüber sind noch mit hohen Unsicherheiten behaftet (s. Kap. 5.1). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich die Anforderungen an den Bevölkerungsschutz insgesamt erhöhen werden. Wie stark sich der Klimawandel auf diesen Handlungsbereich auswirkt, hängt aber auch von den in anderen Handlungsbereichen und Sektoren wie z. B. Küstenschutz, Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz, Gesundheitswesen, Bauwesen oder Raumplanung ergriffenen Anpassungsmaßnahmen ab. Je stärker hier Vorsorge betrieben wird, desto weniger stark wird der Bevölkerungsschutz betroffen sein und umgekehrt. Insgesamt lassen sich die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Handlungsbereich „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“ als **mittel** einstufen.

Bewertung der Anpassungskapazität

Anpassungswissen: Zwar bestehen im Handlungsbereich „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“ grundsätzlich umfangreiche Erfahrungen hinsichtlich der Bewältigung von Extremwetterereignissen und deren Folgen. Aufgrund der klimatischen Veränderungen (mögliche Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen, erhöhtes Risiko durch vektorgebundene Krankheiten) können sich jedoch neue Herausforderungen ergeben, über deren Konsequenzen für den Bevölkerungs- und Katastrophenschutz bisher wenig bekannt ist. Die in den vergangenen Jahren im Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) eingerichteten Arbeitsgruppen zum Thema Klimawandel und die auf diesem Gebiet eingeleiteten Forschungsaktivitäten werden hier Abhilfe leisten. Insgesamt ist das Anpassungswissen daher als *mittel* einzustufen.

Anpassungsoptionen: Im Handlungsbereich „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“ können Anpassungsstrategien und -maßnahmen im Zuständigkeitsbereich der Katastrophenschutzbehörden und Hilfsorganisationen aber auch seitens der Betreiber Kritischer Infrastrukturen sowie der Bevölkerung vorgenommen werden. Mittlerweile gibt es verschiedenste Konzepte, Leitfäden und Strategiepapiere zur Umsetzung von Schutz- bzw. Selbstschutzmaßnahmen für die unterschiedlichen Akteure. Der Bevölkerungsschutz verfügt zudem über eine Reihe von Instrumenten, die auch im Hinblick auf die Anpassung an die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels geeignet sein können bzw. von Bedeutung sind (z. B. Risikoanalysen, Katastrophenschutzpläne, Warn- und Informationssysteme, Ausbildungs-, Weiterbildungs- und Trainingsmaßnahmen). Entscheidend wird sein, dass das vorhandene Instrumentarium an zukünftige, durch den Klimawandel hervorgerufene Risiken angepasst wird. Ein generelles Defizit des Bevölkerungsschutzes besteht darin, dass dieser primär auf reaktive Aktivitäten nach Eintritt einer Katastrophe und trotz einiger Aktivitäten noch zu wenig auf den proaktiven Schutz vor Katastrophen ausgerichtet ist. Zukünftig können sich zudem Defizite im Bereich der humanen und finanziellen Ressourcen des Bevölkerungsschutzes ergeben. Die Anpassungsoptionen können insgesamt als *mittel* bewertet werden.

Anpassungsbereitschaft: Die Bereitschaft zur proaktiven Umsetzung von Anpassungsstrategien und -maßnahmen im Handlungsbereich „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“ ist sowohl seitens der Katastrophenschutzbehörden als auch seitens der Betreiber Kritischer Infrastrukturen und der Bevölkerung vergleichsweise gering ausgeprägt. Es ist davon auszugehen, dass Anpassung erst beim Eintreten deutlicherer Krisensignale erfolgen wird – d. h. als Reaktion auf eingetretene Gefahrensituationen. Potenziale zur Erhöhung der Anpassungsbereitschaft liegen jedoch in einer verbesserten Risikokommunikation zur Schaffung einer „Risikokultur“. Insgesamt kann die Anpassungsbereitschaft daher als *gering bis mittel* eingeschätzt werden.

Den als *mittel* eingestuften Faktoren Anpassungswissen und Anpassungsoptionen steht eine *geringe bis mittlere* Anpassungsbereitschaft gegenüber. Insgesamt ist die Anpassungskapazität im Handlungsbereich „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“ als *mittel* einzuschätzen.

Bewertung der Vulnerabilität

Aus der Kombination der als *mittel* eingestuften potenziellen Auswirkungen des Klimawandels mit der als *mittel* eingeschätzten Anpassungskapazität ergibt sich eine *mittlere* Vulnerabilität des Handlungsbereichs „Bevölkerungs- und Katastrophenschutz“ in der MPR HB-OL.

5. Regionale Vulnerabilität

Die im Kap. 4 dargestellten sektoralen Ergebnisse der VA zeigen, dass es eine Reihe von gemeinsamen Vulnerabilitätsaspekten in der Region gibt. Obwohl für die meisten Bereiche die Bewertung der sektoralen Vulnerabilität eher niedrig ausfällt (s. Kap. 6) – mit Ausnahme für den Küstenschutz bei Berücksichtigung der oberen Spannweiten für Wasserstandsveränderungen sowie für den Bereich Biodiversität und Naturschutz aufgrund der erheblichen Wissenslücken bezüglich der potenziellen Auswirkungen und der natürlichen Anpassungsfähigkeit (s. Tabelle 18 in Kap. 6.1) – haben die folgenden Aspekte der klimawandelbedingten Vulnerabilität das Potenzial, die Vulnerabilität zu erhöhen oder die Anpassungsnotwendigkeit zu verstärken. Zu den die Vulnerabilität mitbestimmenden Aspekten gehören

- die Grenzen der Klimaszenarien hinsichtlich ihrer Aussagen über die zukünftige Intensität von Extremereignissen (s. Kap. 5.1),
- die Konsequenzen überregionaler Folgen des globalen Klimawandels mit ihren regionalen Auswirkungen (s. Kap. 5.2),
- die regionalen Konfliktkonstellationen und Synergieeffekte sowie deren zukünftige Veränderungen, die v. a. aus den Wechselwirkungen zwischen sektorspezifischer Klimaanpassung, Klimaschutzbemühungen sowie zwischen klimatischen und nicht-klimatischen Wirkfaktoren resultieren (s. Kap. 5.3),
- die Sensitivität und Anpassungskapazität der Governance der Region (s. Kap. 5.4) sowie
- die Vulnerabilitätsaspekte von veränderten Konsummustern und verändertem Nachfrageverhalten (s. Kap. 5.5).

Diese gemeinsamen Aspekte der regionalen Vulnerabilität sind insbesondere für die Entwicklung einer regionalen Anpassungsstrategie und die „Roadmap of Change“ in ‚nordwest2050‘ relevant und werden im Kap. 7 wieder aufgenommen.

5.1 Grenzen der Klimaszenarien: Projektionen für Extremereignisse

Stefan Wittig, Frank Bachmann

Während die Kenntnisse über die künftigen Änderungen der mittleren klimatischen Verhältnisse relativ gut sind, ist das Wissen über die künftige Intensität von Extremereignissen (noch) deutlich geringer. Die hohe lokale und zeitliche Variabilität des Extremwettergeschehens erschwert dabei den Nachweis eines Zusammenhangs mit dem Klimawandel. Der IPCC beschreibt extreme Wetterereignisse folgendermaßen: „An extreme weather event is an event that is rare at a particular place and time of year. [...] an extreme weather event would normally be as rare as or rarer than the 10th or 90th percentile of the observed probability density function. By definition, the characteristics of what is called extreme weather may vary from place to place in an absolute sense. [...] When a pattern of extreme weather persists for some time, such as a season, it may be classed as an extreme climate event, especially if it yields an average or total that is itself extreme (e.g. drought or heavy rainfall over a season)“ (Website IPCC).

5.1.1 Was sind Extremereignisse?

Unwetter, Extremwetterereignisse oder Wetteranomalien sind gebräuchliche Begriffe für extreme Wetterereignisse. Extremereignisse werden im Folgenden als gleichbedeutend mit extremen Wetterereignissen verstanden. Zusätzlich gehören zu den Extremereignissen auch die unmittelbaren Folgen von extremen Wettersituationen, wie z. B. Hochwässer und Sturmfluten. Diese Extremereignisse sind meistens dadurch extrem bzw. werden als extrem bezeichnet, da sie mit hohen Schäden an Sachwerten oder mit lebensbedrohenden Eigenschaften verbunden sind.

Extremereignisse im Sinne der Meteorologie sind Wetterzustände und Wetterlagen, die in ihrem Verlauf signifikant vom Durchschnitt abweichen (Website Norddeutsches Klimabüro). Als Vergleichsbasis kann eine klimatologische Normalperiode, ein geographischer Bezug zu einer Klimaklassifikation oder – als Maß der Ausnahmeerscheinung – die Jährlichkeit der Wetterelemente herangezogen werden. Aber auch anderer Wirkungsfaktoren wie Hochwasserpegel sowie ein Versicherungsschaden oder der gesamtwirtschaftliche Schaden (Versicherter und unversicherter Direktschaden, Folgeschäden und Wiederherstellung, einschließlich der Opfer) können als Maß für die Abgrenzung eines extremen Ereignisses von einem Normalen dienen (Foelsche 2004).

In Tabelle 10 ist dargestellt, bei welchen Werten der Deutsche Wetterdienst ein Ereignis als Unwetter – und damit als extremes Wetterereignis – klassifiziert (Website DWD). Vergleicht man diese Einstufung mit den Definitionen der Klimaparameter (s. Tabelle 19) so wird deutlich, dass es sich bei den Klimakenntagen weniger um extreme, als vielmehr teilweise um starke Wetter- bzw. Klimasignale handelt (vgl. a. Tabelle 3).

Tabelle 10: Warnkriterien für Unwetterwarnungen (s. Website DWD)

Bezeichnung	Kriterien zu Unwetterwarnungen
Gewitter	mit Hagel (Körner größer als 1,5 cm) oder mit Starkregen oder mit Sturm oder Orkan
Sturm	Orkanartige Böen von 11 Beaufort (entspricht über 28,6 m/s; in 10 m Höhe gemessen)
Orkan	mindestens 12 Beaufort (entspricht über 32,8 m/s; in 10 m Höhe gemessen)
Schneeverwehung	lockere Schneedecke (größer als 10 cm) oder Neuschnee mit Böen über 8 Beaufort (entspricht 17,2 m/s)
Starkregen	mehr als 25 l/m ² in 1 Stunde oder mehr als 35 l/m ² in 6 Stunden
Dauerregen	mehr als 40 l/m ² in 12 Stunden oder mehr als 50 l/m ² in 24 Stunden oder mehr als 60 l/m ² in 48 Stunden
Glatteis	verbreitete Bildung von Glatteis oder auch überfrierender Nässe mit Einfluss auf den Verkehr
Schneefall	mehr als 10 cm in 6 Stunden oder mehr als 15 cm in 12 Stunden
Tauwetter	Dauerregen bei einer Schneedecke von mehr als 15 cm

Weiterhin werden für Unwetterwarnungen seitens der meteorologischen Dienste Ereignisse wie Hagelschlag, Nebel, extrem hohe Temperatur (Hitzewellen, Hitzeanomalien), extrem niedrige Temperatur (Kälteanomalien) und Dürren (mit der Folge von Waldbrandgefahr) herangezogen. Unwetter- oder Extremereignisse können sowohl langfristig und großräumig andauern (z. B. sommerliche Hitzeperiode über mehrere Wochen bis Monate wie in den Jahren 2003 für Westeuropa oder 2010 in Russland) oder nur sehr kurzfristig und kleinräumig auftreten (z. B. Starkregen über einige wenige Stunden in Oldenburg am 18.08.2010 mit bis zu 50 Liter pro Quadratmeter; NWZ online 2010).

Dem Begriff Extremereignis liegt keinerlei präzise Definition zugrunde, sondern er ist ein gebräuchlicher Begriff in der Beschreibung von Wettersituationen in der Klimafolgenforschung oder im Versicherungswesen: „Extremereignisse sind Ereignisse, die stark vom Durchschnitt abweichen und dadurch außergewöhnlich sind. Es hängt nur von der konkreten Anwendung ab wie stark diese Abweichung tatsächlich sein muss, um ein Ereignis als extrem einzustufen“ (Foelsche 2004). Damit sind Extremereignisse als klimatologische Indikatoren eher ungeeignet: zum einen treten sie vollkommen unregelmäßig ein und zum anderen muss der Mittelwert einer Normalperiode schon bekannt sein, um ein Extremereignis als solches zu klassifizieren. Dieser langfristige Mittelwert setzt sich aber genau aus den eingetretenen Wetterereignissen zusammen. Extremereignisse können also nur im Kontext abgelaufener Bemessungszeiträume bestimmt werden (Website DWD).

Extremereignisse sind somit ein wenig geeigneter Indikator für den Klimawandel, da aufgrund ihres unregelmäßigen Auftretens statistisch signifikante Trends erst anhand von langjährigen

Zeitreihen nachgewiesen werden können (Foelsche 2004). Eine zufällige Häufung von Extremereignissen in kurzen Zeitreihen kann einen Trend vortäuschen, den es so nicht gibt (OcCC 2003).

5.1.2 Welche Aussagen über klimawandelbedingte Veränderungen von Extremereignissen können getroffen werden?

Im Gegensatz zu einer Wettervorhersage beanspruchen Klimaprojektionen nicht, einen bestimmten Zustand der Atmosphäre an einem beliebigen Ort der Erde vorherzusagen. Klimaprojektionen zielen vielmehr auf statistische Durchschnittswerte von z. B. Temperatur oder Niederschlag über größere Räume wie z. B. der MPR HB-OL und längere Zeitabschnitte von meist 30 Jahren. In Klimaszenarien werden dann basierend auf den Klimaprojektionen, die anhand globaler und regionaler Klimamodelle unter Berücksichtigung unterschiedlicher Emissionsszenarien berechnet werden, Änderungen der Klimaparameter festgelegt. Sie entwerfen somit mögliche, plausible Klimazukünfte (Schuchardt et al. 2010a und 2010b).

Bei steigenden atmosphärischen Konzentrationen von Treibhausgasen projizieren einige Klimamodelle eine Änderung der Häufigkeit und Dauer von Extremereignissen, wie z. B. Hitzewellen, Starkregen und Stürmen. Von verschiedenen Experten im Bereich der Klimamodellierung wird auch darauf hingewiesen, dass ein Temperaturimpuls in die Atmosphäre aufgrund der Atmosphärenphysik nicht ohne Folgen bleiben wird. Z. B. wird es nach Jacob (1998) mit zunehmender und regional unterschiedlicher atmosphärischer Erwärmung der Luft, die dann mehr Wasserdampf aufnehmen kann, zu einer Intensivierung des Wasserkreislaufs kommen. Als Folge ist mit veränderten Niederschlagsverhältnissen zu rechnen, wobei die sommerlichen Niederschläge einerseits deutlich abnehmen, andererseits aber die Intensität von Starkregenereignissen zunehmen kann. Das bedeutet, dass die vergleichsweise geringeren Niederschlagsmengen in sehr kurzer Zeit fallen und gleichzeitig die Zahl der Regentage abnimmt (UBA 2006).

Eine Zunahme von Wetterextremen lässt sich bisher für Deutschland aus Beobachtungsdaten – außer für Hitzeextreme (s. u.) – statistisch nur teilweise belegen (Jonas et al. 2005; Zebisch et al. 2005). So ist z. B. für **Starkregentage** (hier mindestens 60 mm pro Tag) im Sommer nur eine geringe Zunahme messbar, während die Anzahl im Winter seit 1955 nahezu unverändert geblieben ist (Becker 2010). Nach Grieser & Beck (2002) haben Starkniederschlagsereignisse (hier definiert als Tage, an denen die Niederschlagsmenge Werte erreicht, die im Mittel von 1941 bis 2000 an bestimmten Station nur einmal in 100 Tagen überschritten werden) in Deutschland in den letzten 40 Jahren des 20. Jahrhunderts an Häufigkeit und Stärke zugenommen, wobei der Trend für das Winterhalbjahr deutlicher ist als für das Sommerhalbjahr. Die Zunahme der Starkniederschlagsmenge (Summe der Niederschläge an Starkniederschlagstagen) zeigt ebenfalls positive Trends, die ebenso für den Winter ausgeprägter sind als im Sommer. Auffällig ist dabei, dass die prozentuale Zunahme der Starkniederschlagsmenge größer ausfällt als die Zunahme der Starkniederschlagstage, d. h. die Niederschlagsintensität an Starkregentagen nimmt auch zu (vgl. a. Greiser & Beck 2002). Daher kann davon ausgegangen werden, dass sich die Wahrscheinlichkeit für hohe winterliche **Abflussmengen** erhöht (vgl. Ergebnisse der Niederschlags-Abfluss-Modellierung (DHI-WASY 2010) und Kap. 4.3) und die Häufigkeitszunahme und Intensivierung von Starkniederschlägen in Deutschland – besonders ausgeprägt für die letzten 40 Jahre des 20. Jahrhunderts – als hochwasserrelevanten Einflussgröße liefert damit einen plausiblen Erklärungsansatz für das gehäufte Auftreten extremer Hochwässer in den letzten Jahrzehnten.

Nach Schönwiese & Janoschoitz (2008) kann festgestellt werden, dass trotz einer sommerlichen Niederschlagsabnahme an vielen von ihnen erfassten Stationen in Europa eine dazu gegenläufige Tendenz zu extremen Starkniederschlägen existiert. Sie treten dann typischerweise kleinräumiger auf (höherer konvektiver d.h. schauerartiger Anteil). Für die Entstehung von Sommerhochwässern (wie z. B. die Hochwässer an der Oder 1997 und an der Elbe 2002) sind oft bestimmte Großwetterlagen verantwortlich (insbesondere die sog. Vb-Wetterlage). Auch hier existieren Studien, welche eine Zunahme der Häufigkeit solcher Wetterlagen in Mitteleuropa für möglich erachten (Fricke & Kaminski 2002).

Für eine Zunahme der Tage mit **Windgeschwindigkeiten** über 8 Beaufort seit 1951 ist in Deutschland kein statistisch signifikanter Trend beobachtbar. Für Norddeutschland wird es den-

noch als wahrscheinlich erachtet, dass insbesondere die Stärke der nördlichen und westlichen Winterstürme zunimmt (Meinke 2007). Die Windgeschwindigkeiten könnten sich im Winter um ca. 10% erhöhen, während sie im Sommer eher abnehmen. Auch nach Jonas et al. (2005) nehmen tendenziell die Häufigkeiten extremer täglicher Windmaxima im Winter zu und im Sommer ab. Dies gilt jedoch nicht für küstennahe Stationen, wo auch im Winter oft negative Trends extremer Tagesmaxima beobachtet worden sind. Insgesamt zeigen die regionalen Klimaprojektionen für eine Erhöhung der Sturmintensität noch keine belastbaren Ergebnisse, da die vorhandenen regionalen Modellen bisher wenig Übereinstimmung zeigen (IPCC 2002; Schirmer 2005), und ob höhere Sturmintensitäten heute schon nachweisbar sind, wird noch kontrovers diskutiert (Storch et al. 1997 und 2005). Nach Nds. MUK (2009) kann künftig mit einem Anstieg der Anzahl der Tage mit hohen Windgeschwindigkeiten um 50% gerechnet werden (s. a. Schuchardt et al. 2010b). Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Häufigkeiten von **Sturmfluten** in der jüngeren Vergangenheit zugenommen hat, wobei für eine Erhöhung der Schwere der Sturmflutereignisse noch keine statistisch abgesicherte Zunahme festzustellen ist (Zhang et al. 2004; Schirmer 2005; Woth 2006). Nach Nds. MUK (2009) muss zukünftig mit einer Zunahme von Sturmfluten zwischen 50 bis 100% gerechnet werden.

Für **Hitzeextreme** wie Hitzetage¹⁹ oder Hitzeperiode²⁰ ist in Beobachtungsdaten hingegen ein Trend zur Zunahme zu beobachten (Jonas et al. 2005). Z. B. hat sich die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Hitzetagen in den Monaten Juli und August an fast allen Stationen in Deutschland in den letzten 100 und besonders deutlich in den letzten 20 Jahren erhöht (Website DWD). Nach Schönwiese et al. (2003) ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Hitzesommers wie der im Jahr 2003 im Verlauf des 20. Jahrhunderts um mehr als das 20-fache gestiegen. Aktuelle Untersuchungen von Barriopedro et al. (2011) zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Hitzeperiode wie im Jahr 2010 am Ende des 21. Jahrhunderts in Osteuropa durchschnittlich alle 10 Jahre beträgt. Hitzeperioden wie die des Jahres 2003 würden demnach zu normalen Ereignissen bzw. würden alle zwei Jahre auftreten. Trotz einiger Unterschiede in den Modellen zeigen die Projektionen bezüglich Hitzeperioden übereinstimmend eine höhere Frequenz, Stärke und Dauer solcher Extremereignisse. Der IPCC (2007) kommt zu ähnlichen Aussagen: So lassen die zukünftig erhöhten mittleren Sommertemperaturen in Verbindung mit reduzierten sommerlichen Niederschlägen das häufigere Auftreten von Hitzewellen und Dürren wahrscheinlich erscheinen, die zusätzlich auch länger dauern könnten (Schuchardt et al. 2010a). Die Ergebnisse der Auswertungen über die klimawandelbedingten Veränderungen in der Intensität von Hitzeperioden aus den Regionalmodellen sind im Anhang dargestellt (s. Tabelle 19).

Auch nach IPCC (2007) wird sich der Klimawandel auf die Intensität von Extremereignissen auswirken. Vergleiche verschiedener regionaler Klimamodellrechnungen bestätigen, dass schon geringe Änderungen des mittleren Klimas oder der Klimavariabilität große Veränderungen in der Häufigkeit von Extremereignissen verursachen können (Schönwiese & Janoschitz 2008). Im Bericht der Arbeitsgruppe 1 wird festgestellt, dass sich sowohl die Variabilität des Klimas als auch die Häufigkeit und Intensität einiger extremer Klimaphänomene ändern wird (IPCC 2007; s. a. Tank et al. 2009). Für diese Aussage bezüglich der zukünftigen extremen Wetterbedingungen dient als Referenz die mittlere Temperatur des Weltklimas. Je höher dieser Mittelwert ausfällt, desto höher erscheint auch die Gefahr von extremen Wetterereignissen zu sein. Folgende Änderungen von Klimaphänomenen sind laut IPCC sehr wahrscheinlich (entspricht nach IPCC einer 90-99%-igen Wahrscheinlichkeit: Website IPCC):

- höhere Maximaltemperaturen, mehr heiße Tage und mehr Hitzewellen;
- höhere Minimaltemperaturen, weniger kalte Tage und Frosttage sowie weniger Kältewellen;
- intensivere Niederschlagsereignisse.

Nach IPCC (2007) sind auch Stürme, Dürren und starke jährliche Niederschlagsschwankungen für die kontinentalen Regionen der Welt wahrscheinlich (entspricht einer 60-99%-igen Wahr-

¹⁹ Nach DWD gehören hierzu Tage einer Hitzeperiode, mit Maximaltemperaturen größer oder gleich 30°C.

²⁰ Nach DWD entspricht das einem Zeitintervall von mehr als 3 Tagen, in denen die Tagesmaxima über einer, bezogen auf das stationsabhängige Temperaturniveau, hohen oberen Schwelle liegen.

scheinlichkeit). Nach EEA (2004) ist es für Europa wahrscheinlich, dass bis 2080 sowohl Dürren als auch Starkniederschlagsereignisse häufiger vorkommen.

Es muss trotz dieser Erkenntnisse betont werden, dass sich aus den regionalen Klimamodellen und damit auch aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien nur sehr eingeschränkt Aussagen über die zukünftige Intensität von Extremereignissen ableiten lassen (s. a. Kap. 3.1). Dieses liegt an der erwähnten statistischen Herleitung von Extremereignissen, wozu als Datenbasis eine langjährige Messreihe notwendig ist, und aus der Mittelung der Ergebnisse der regionalen Klimamodelle über einen Tag bzw. einen Monat (die Verwendung einzelner „Ausreißerwerte“ aus den Modellergebnissen als Hinweis auf zukünftige Extremereignisse ist nicht zulässig). Zusätzlich kann ein Ereignis, welches heute ein Extremereignis ist bzw. als ein solches bezeichnet wird, unter den Bedingungen des Klimawandels zukünftig ein „Normalereignis“ sein.

Dennoch erlauben die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien Aussagen zu Ereignissen, die durch ein starkes Wetter- bzw. Klimasignal gekennzeichnet sind: diese sind die sog. Kenntage für Temperatur, Niederschlag und Wind (s. Kap. 3.1 und Tabelle 19 im Anhang). Sie geben Hinweise auf die zukünftigen Veränderungen von Tagen, die sich entweder durch hohe oder niedrige Temperaturen (heiße Tage, Sommertage, tropische Nächte/Tage, Eistage, Frosttage), geringe oder starke Niederschläge (trockene Tage, Starkregentage) sowie hohe oder geringe Windgeschwindigkeiten (Sturmtage, windstille Tage) auszeichnen. Die Veränderung dieser Kenntage in eine bestimmte Richtung kann somit also ein Zeichen dafür verstanden werden, dass zugehörige Extremereignisse aufgrund der statistischen Verteilung eines Klimaparameters ebenfalls weiter zunehmen werden. Dieser Zusammenhang ist schematisch in Abbildung 9 dargestellt.

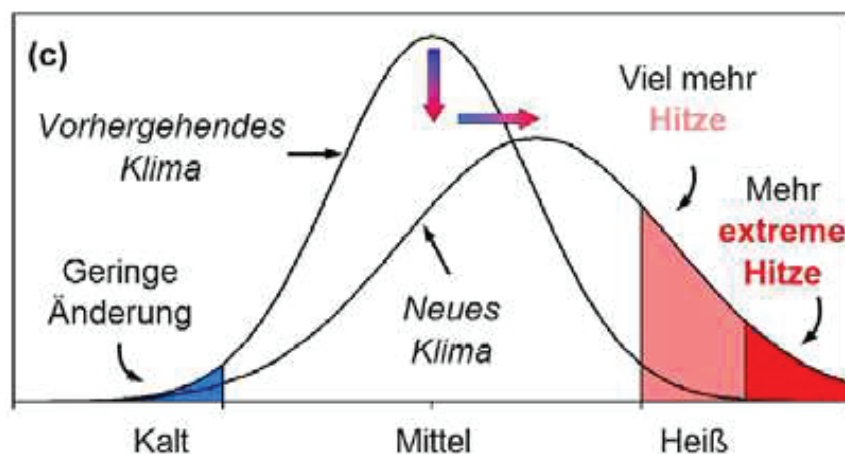


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Häufigkeitsanalyse von extremen Klimazuständen am Beispiel einer Normalverteilung (nach IPCC 2002; Hupfer & Börngen 2004).

Verschiebt sich die Häufigkeitsverteilung eines Klimaparameters wie z. B. der in Abbildung 9 dargestellten Temperatur, so verändern sich die Häufigkeiten der Werte an den Rändern der Verteilung besonders stark. Theoretisch kann es auch zu neuen, noch extremeren Ereignissen kommen (dargestellt in rot am rechten Rand der Abbildung; Schönwiese & Janoschitz 2008).

In den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien sind basierend auf den Temperaturkenntagen Auswertungen zu der Häufigkeit von **Hitzeperioden** durchgeführt worden (s. Tabelle 19 im Anhang). Sie erweitern das regionale Bild über mögliche extreme Ereignisse der Zukunft. Außerdem stellen die Angaben zur Sturmfluthöhe ebenfalls ein Beispiel für ein Extremereignis dar. Allerdings sind (noch) keine Aussagen über die Eintrittswahrscheinlichkeit einer extremen **Sturmflut** möglich. Es sind durch die Erstellung der beiden ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien zwar räumlich feinere aufgelöste Klimaaussagen möglich, Angaben zur Intensitätsänderung von Extremereignissen können aber nur sehr eingeschränkt getroffen werden.

5.1.3 Wie wird die Vulnerabilität in der Region durch Extremereignisse beeinflusst?

Bei der Bestimmung der von der Expositionshöhe abhängigen Vulnerabilität können folgende zwei durch den Klimawandel hervorgerufene Wirkungstypen unterschieden werden:

- auf langfristigen klimatischen Veränderungen beruhende Wirkungen und
- auf meteorologischen Extremereignissen beruhende Wirkungen.

Diese Unterscheidung ist insofern bedeutsam, da Extremereignisse schon heute potenziell große Auswirkungen haben können und sich dementsprechend für die Ableitung von Anpassungsbedarf auch schon heute eine hohe Priorität ergäbe. Es können somit im Rahmen der klimawandelbezogenen VA aufgrund dieser Differenzierung erste Hinweise auf vordringliche Bereiche einer regionalen Anpassungsstrategie gegeben werden (s. Kap. 6).

Für die Gesellschaft sind neben den Änderungen der mittleren Verhältnisse des Klimas, die v. a. für eine mittel- (bis 2050) bis langfristige (bis 2100) Perspektive berücksichtigt werden müssen, insbesondere Extremereignisse von hoher Bedeutung. Sie führen schon heute zu beträchtlichen Schäden und eine Zunahme ihrer Häufigkeit und/oder Stärke ist daher von hoher volkswirtschaftlicher und gesellschaftspolitischer Relevanz (Schirmer 2005; UBA 2008). Eine mögliche Intensitätszunahme von Extremereignissen könnte deutliche Auswirkungen auf die Höhe der Vulnerabilität eines Sektors oder für die gesamte Region haben.

Zu den Extremereignissen, die besonders in der Küstenregion der MPR HB-OL unmittelbare Auswirkungen auf die Vulnerabilität haben, gehören die **Sturmfluten**. Sie werden in der deutschen Bucht durch starke Nord-, Nordwest- und Westwinde verursacht, die das Wasser der Nordsee an die Küste drücken. Wie groß der durch die Winde verursachte Windstau wird, hängt von der Dauer eines Sturmes ab und von der Meeresstrecke, auf die er einwirkt. Treffen Windstau und die normale Gezeitenflut zusammen auf die Küste, summiert sich ihre Höhe und eine Sturmflut tritt ein (s. Kap. 4.4 und in Schuchardt et al. 2011). Insbesondere die sehr seltenen extremen Sturmfluten können zum Versagen der Küstenschutzsysteme führen und in einem solchen Fall hohe Schäden im Binnenland verursachen – insbesondere in dicht besiedelten oder mit hohen Werten belegten städtischen Bereichen. Dieses sog. Restrisiko bestimmt ganz entscheidend die Vulnerabilitätshöhe tiefliegenden Marschbereiche der Region und kann über Verknüpfungen innerhalb der Wertschöpfungsketten und die Beeinträchtigung kritischer Infrastrukturen auch auf die ganze MPR HB-OL oder sogar weit darüber hinaus wirken.

Für eine Reihe von Sektoren ist die Zunahme von **Hitzeperioden** besonders relevant (z. B. „menschliche Gesundheit“, „Energiewirtschaft“ oder „Ernährungswirtschaft“). Dieses basiert im Wesentlichen auf der Beeinträchtigung der Gesundheit der Bevölkerung in der Region (z. B. hitzebedingte Morbidität und Mortalität sowie Lebensmittelqualität bei nicht ausreichender Kühlung) und der Beeinträchtigung verschiedener Ökosystemdienstleistungen (z. B. Kühlwasserbedarf für thermische Kraftwerke oder Wasserqualität). Dadurch können Folgewirkungen für den Bevölkerungsschutz oder für die Funktionsfähigkeit relevanter Verkehrsinfrastrukturen entstehen.

Besonders vulnerabilitätserhöhend ist die Kombination von mehreren gleichzeitig auftretenden Extremereignissen. So ist z. B. eine Hitzeperiode meist mit einer Periode sehr geringer Niederschläge verbunden, die nicht nur den Wasserbedarf massiv erhöht, sondern auch das Wasserdargebot einschränken kann. So konkurrieren während einer solchen Hitze- und Trockenperiode die unterschiedlichen Wassernutzer (z. B. Trinkwasserentnahme und Feldberegnung), wodurch sich aufgrund hoher potenzieller Auswirkungen und einer gegenüber solchen Ereignissen geringen Anpassungskapazität die Vulnerabilität deutlich erhöht. Weiter denkbare Kombinationen von Extremereignissen sind das gleichzeitige Auftreten einer Sturmflut und eines extremen Binnenhochwassers mit entsprechend steigender Überflutungsgefährdung insbesondere von Bremen, die Kombination von Starkniederschlägen mit Stürmen, wodurch z. B. die Funktionsfähigkeit der Verkehrsinfrastrukturen mehrfach beeinträchtigt werden sowie Wetterereignisse, die für sich allein keine Extreme darstellen, die aber in Kombination stark schädigend wirken (z. B. Kombination von Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperaturen um oder leicht über 0°C und Schneefall, wodurch im November 2005 im Münsterland viele Strommasten umgeknickt sind; s. <http://www.schneechaos-muensterland.de/home/index.php>).

Es kann also festgehalten werden, dass die Extremereignisse gerade in Kombination zu noch unbekanntem Auswirkung oder „Überraschungen“ führen können, die in den sektorspezifischen Bewertungen der Vulnerabilität nur teilweise enthalten sind. Insbesondere auch das Fehlen von konsistenten und vergleichbaren Informationen über Schäden und Risiken durch Extremereignisse erschwert die Vulnerabilitätsbewertung (Brasseur & von Flotow 2010). Die einzelnen Vulnerabilitäten sowie die gesamte regionale Vulnerabilität könnten also höher ausfallen, als auf Basis der Aussagen in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien bisher abgeschätzt. Konsequenz solcher Wissens- und Informationsdefizite können unterlassene oder unzureichende Anstrengungen zu Klima- bzw. Extremereignisanpassung sein und damit zu steigenden privaten und öffentlichen Schadens- und Schadensbeseitigungskosten führen.

5.2 Globale Folgen des Klimawandels mit Wirkungen auf die Wirtschaftssectoren der MPR HB-OL

Marion Akamp, Marina Beermann, Arnim von Gleich, Stefan Gößling-Reisemann, Birgitt Lutz-Kunisch, Christine Mänz, Anna Meincke, Michael Mesterharm, Joachim Nibbe, Winfried Osthorst, Reinhard Pfriem, Hedda Schattke, Sönke Stührmann, Jakob Wachsmuth, Stefan Wittig

Im folgenden Kapitel werden die Wirkungen des globalen (überregionalen) Klimawandels für die Vulnerabilität der vier Sektoren Ernährungswirtschaft, Energiewirtschaft, Hafenwirtschaft & Logistik und Tourismuswirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg (MPR HB-OL) zusammengefasst. Hintergrund ist die Erkenntnis, dass Wirkungen des Klimawandels außerhalb der MPR HB-OL sehr wohl auf die Region einwirken werden. Die Bearbeitung dieser Aspekte stellt eine Schnittstelle im Rahmen des Arbeitsbereichs „Vulnerabilitätsanalyse“ (VA) von ‚nordwest2050‘ dar (s. Kap. 1), die aber nicht die Vulnerabilitätsanalysen in den einzelnen Wirtschaftsclustern ersetzen soll. Weiterführende Erkenntnisse über die überregionalen Klimafolgen und deren Wirkungen auf die Wertschöpfungsketten der Region sind daher den VA-Berichten der Wirtschaftskluster (Wachsmuth et al. 2011 und Gabriel & Meyer 2010 für die Energiewirtschaft; Akamp & Schattke 2011, Mesterharm 2011 und Beermann 2011a für die Ernährungswirtschaft; Osthorst & Mänz 2012 für die Hafenwirtschaft & Logistik; Schuchardt et al. 2011 für die Tourismuswirtschaft) zu entnehmen. Der Einfluss von Klimawirkungen außerhalb der MPR HB-OL auf die Wertschöpfungsstufen der Wirtschaftssectoren Ernährung, Energie sowie Hafen & Logistik wurde anhand der Methode für die vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse abgeschätzt (s. Akamp et al. 2010). Im vorliegenden Kapitel werden die wesentlichen Ergebnisse überblicksartig aufgeführt und für die MPR HB-OL zusammengefasst.

Aufgrund der zunehmenden Globalisierung steigen nicht nur die weltweiten Transportvolumina (Matthes et al. 2006) an, es wachsen auch die Abhängigkeiten innerhalb global fragmentierter Wertschöpfungsketten. So wirkt sich die zunehmende Einbindung der Wirtschaftsregionen in den globalen Kreislauf der Warenströme stark auf deren Abhängigkeit von internationalen Wertschöpfungsketten aus. Auch die MPR HB-OL ist dieser Entwicklung unterworfen und in viele internationale wirtschaftliche Geflechte eingebunden, wobei die regionale Logistikwirtschaft mit ihren Hafen- und Hinterlandinfrastrukturen sowie logistischen Dienstleistungen eine volkswirtschaftliche Schlüsselfunktion wahrnimmt, von der viele Branchen und Regionen in Deutschland und Europa abhängen (ISL & BAW 2010). Dabei lassen sich bezüglich der Wirkungen globaler Klimafolgen für die Wirtschaftssectoren zwei wesentliche Einflussaspekte differenzieren. Zum einen sind es die aus der Region hinaus und in die Region hinein verlaufenden Warenströme, die von klimawandelbedingten Veränderungen globaler Absatzmärkte und Güterimportregionen sowie der regionalen Nachfrage beeinflusst werden können. Zum anderen sind es die überregionalen Verkehrsinfra- und Logistikstrukturen, die durch den Klimawandel in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt werden können und wo sich wirtschaftssektorübergreifend regionale Wirkungen zeigen werden. Beide Aspekte sind stark miteinander verwoben.

5.2.1 Globale Absatzmärkte, Güterimport und regionale Nachfrage

Die Wirkungen des globalen Klimawandels für die regionalen Wirtschaftssectoren resultieren v. a. aus möglichen Veränderungen der globalen Absatzmärkte für regional produzierte Produkte oder

Waren (v. a. für die Ernährungswirtschaft bedeutsam), der möglichen Veränderungen im Import von Gütern (v. a. für die Ernährungswirtschaft hinsichtlich der Futtermittel und der Energiewirtschaft hinsichtlich der Rohstoffe zur Energieproduktion bedeutsam) und der möglichen Veränderung der regionalen Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen (v. a. für die Ernährungswirtschaft und die Tourismuswirtschaft bedeutsam).

Überregionale Klimafolgen mit Wirkungen für die regionale **Ernährungswirtschaft** resultieren z. B. aus der Möglichkeit für Nahrungsmittelproduzenten der MPR HB-OL, zukünftig zusätzlich **globale Märkte** zu bedienen, in denen klimawandelbedingt die Nahrungsmittelproduktion zukünftig nicht mehr bzw. nur eingeschränkt möglich ist. So kann die MPR HB-OL in Bezug auf den Milchpulverexport davon profitieren, dass die **Milchwirtschaft** bisheriger großer Exporteure wie Australien und Neuseeland durch den Klimawandel beeinträchtigt wird. In diesen Regionen kann es nach IPCC (2007) aufgrund wahrscheinlicher Zunahme der Risiken durch Trockenheit und extremerer Niederschläge (wobei allerdings Unsicherheiten über die Veränderungen der El Niño-Southern Oscillation (ENSO) bestehen und regionale Klimaprojektionen für Neuseeland nur z. T. verfügbar sind; Mittelwerte für Temperatur- und Niederschlagsveränderungen sind in Abbildung 10 dargestellt) für die Landwirtschaft zu Ertragsminderungen in der Weide- und Viehwirtschaft aufgrund der Probleme durch Bodendegradation (Erosion und Versalzung) und Hitzestress für die Nutztiere kommen (allerdings wird die Anpassungskapazität beider Länder aufgrund ihrer gut entwickelten Wirtschaft und wissenschaftlichen und technischen Leistungsfähigkeit als vergleichsweise hoch eingeschätzt). Es eröffnen sich somit Chancen für die regionale Milchwirtschaft, da ihre relative Wettbewerbsposition gegenüber Regionen mit negativeren oder weniger positiven Klimawirkungen steigt; eine Zunahme zu exportierender Warenmengen wäre dadurch möglich (s. Kap. 5.2.2). Allerdings könnte diese verstärkte Exportorientierung zu einer intensiveren Milchwirtschaft als bisher in der MPR HB-OL führen und den Wandel zu einer industrialisierteren Landwirtschaft beschleunigen.

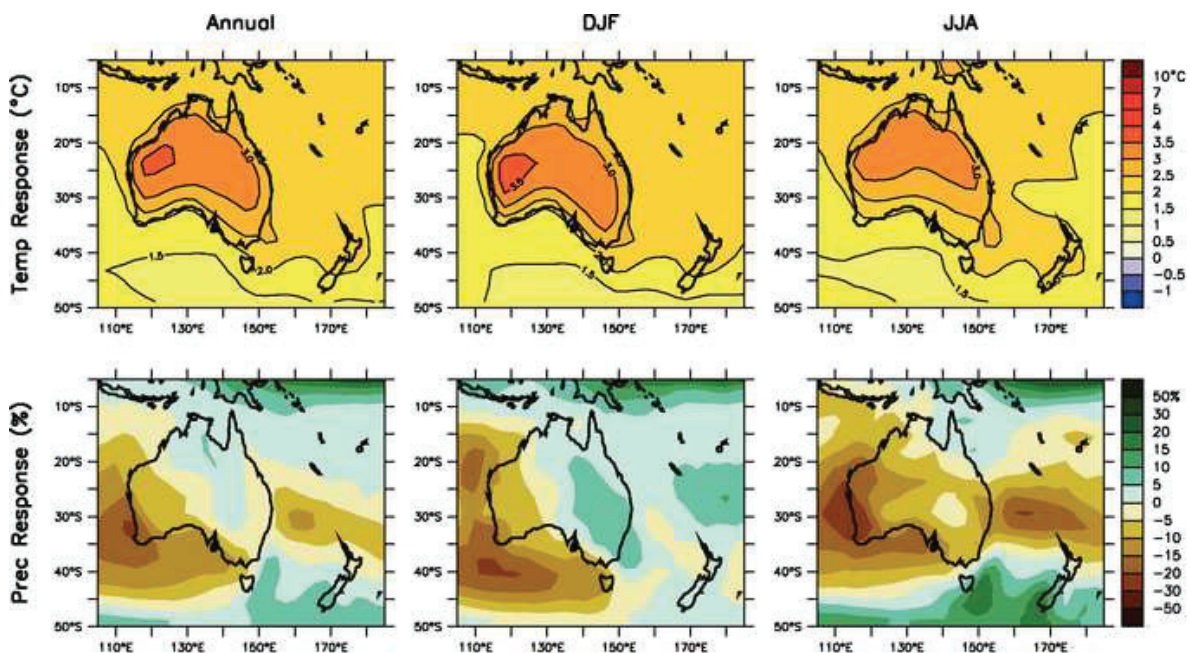


Abbildung 10: Temperatur- und Niederschlagsänderungen für Australien und Neuseeland anhand einer Multi-Modell-Datensimulation des A1B-Emissionsszenarios. Oben: Jahres-, Winter- (DJF) und Sommermittel (JJA) der Temperaturänderung zwischen 1980-1999 und 2080-2099 als Durchschnitt von 21 Modellen. Unten: Prozentuale Niederschlagsänderungen für dieselben Mittelwerte wie oben (aus Website IPCC).

Ebenfalls kann die regionale **Fleischwirtschaft** als Nettoexporteur und als eine von klimawandelbedingten Einschränkungen eher weniger betroffene Region als seine globalen Wettbewerber, ihre Marktstellung halten bzw. sogar ausbauen. Dies ist aber auch wesentlich abhängig von den Preisen bzw. den klimawandelbedingten Preissensitivitäten für die in großen Mengen erforderli-

chen Futtermittel. Allerdings könnte dieser (globale) Marktausbau zu weiteren Intensivierungen der regionalen „Produktion“ und Verarbeitung führen, die mit den derzeitigen sozioökonomischen Anpassungstreibern in Konflikt geraten könnten (Abnahme der gesellschaftlichen Akzeptanz und strengere gesetzliche Regulierung der Intensivtierhaltung.).

Überregionale Klimafolgen in den Wertschöpfungsketten der **Fleischwirtschaft** wirken sich insbesondere über die **Futtermittelimporte** aus: veränderte Quantität und Qualität führt hier zu steigenden Unsicherheiten und Kosten. Steigt die wirtschaftliche Bedeutung der **Futtermittel** in der Wertschöpfungskette, so könnte ein wirtschaftlicher Anreiz bestehen, die Veredelungswirtschaft in die Futtermittelregionen zu verlagern. Kommt es zu Beeinträchtigungen in der Verfügbarkeit und/oder Qualität von Futtermitteln für die Fleischwirtschaft, könnte das aufgrund der hohen Importabhängigkeit der Region negative Effekte für die Fleischproduktion haben. In der **Schweinefleisch-** und **Geflügelwirtschaft** ist vor allem der Import von Komponenten für die Futtermittelherstellung bedeutsam (insbesondere die eiweißliefernde Komponente Soja: s. Akamp & Schattke 2011).

Zu den größten Sojaexporteuren gehören Brasilien, USA und Argentinien. Nach IPCC (2007) sind allgemein folgende Klimawirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion in Südamerika möglich: In klimawandelbedingt trockeneren Gebieten (s. Abbildung 11) führt die Klimaänderung voraussichtlich zu Versalzung und Wüstenbildung von landwirtschaftlich genutzten Flächen, womit ein Rückgang der Ertragsfähigkeit einiger wichtiger Nutzpflanzen, des Weidelands und damit der Produktivität in der Viehhaltung einhergeht. In den gemäßigten Zonen wird durch den CO₂-Düngeeffekt ein Anstieg der Erträge von Sojabohnen projiziert, wobei für die Wasserverfügbarkeit signifikante Beeinträchtigungen durch veränderte Niederschlagsmuster und das Verschwinden von Gletschern möglich sind. Detaillierte Studien zeigen für die landwirtschaftliche Ertragsentwicklung in Argentinien und Brasilien für Soja eine (temperatur- und CO₂-abhängige) Zunahme zwischen 14 und 21% (für bewässerte Kulturen sogar bis 40%; zusammengefasst in IPCC 2007), so dass hier voraussichtlich keine Lieferschwierigkeiten bezüglich der Futtermittel auftreten werden. Für nichtbewässerte landwirtschaftliche Kulturen wie Weizen und Mais wird hingegen in beiden Ländern eine Abnahme der Erträge projiziert. Allerdings können kombinierte Effekte von Klima- und Landnutzungswandel die Bodendegradation und -erosion verstärken sowie damit die Nahrungsmittelproduktion und -sicherheit verringern.

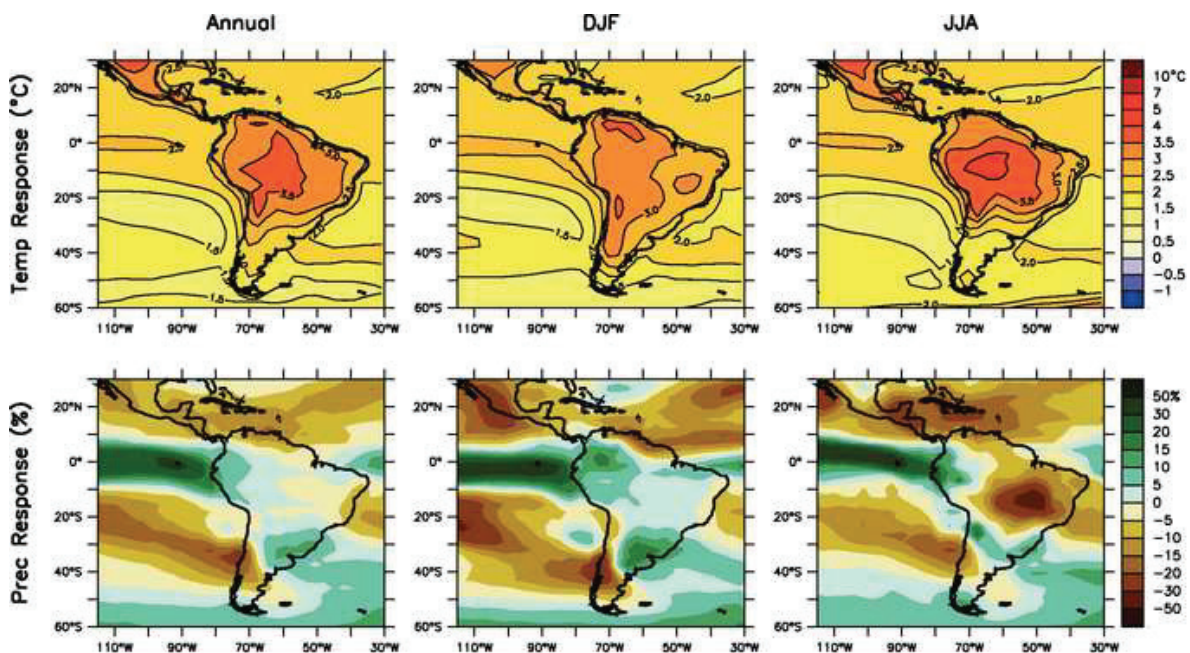


Abbildung 11: Temperatur- und Niederschlagsänderungen für Mittel- und Südamerika anhand einer Multi-Modell-Datensimulation des A1B-Emissionsszenarios. Oben: Jahres-, Winter- (DJF) und Sommermittel (JJA) der Temperaturänderung zwischen 1980-1999 und 2080-2099 als Durchschnitt von 21 Modellen. Unten: Prozentuale Niederschlagsänderungen für dieselben Mittelwerte wie oben (aus Website IPCC; s. a. Akamp & Schattke 2011).

Neben dem Sojaimport aus Übersee werden auch weitere Futtermittelkomponenten importiert, da in der durch eine sehr hohe Tierdichte gekennzeichneten regionalen Fleischwirtschaft die eigene Futtermittelproduktion den Bedarf nicht ausreichend abdeckt. Neben Deutschland gehören hierzu insbesondere Russland und die Ukraine als Hauptbeschaffungsmärkte für entsprechende Futtermittel. Weiterhin ist für die Region ein überregionaler Import von Ferkeln für die auf Schweinemast setzenden Betriebe notwendig. Aufgrund der ungenügenden regionalen Ferkelversorgung wird über den deutschlandweiten Bezug hinaus ein wesentlicher Anteil der Jungtiere aus Dänemark und den Niederlanden importiert wird (Efken et al. 2009).

Die deutsche Fischwirtschaft ist ebenfalls stark von globalen Importen abhängig. Der Schwerpunkt der norddeutschen Fischwirtschaft liegt in der Verarbeitung, wobei ein großer Anteil der Fische global beschafft wird (Import von Fisch und Fischereierzeugnissen im Jahr 2009 zu 87% aus EU- und aus Nicht-EU-Ländern: Beermann 2011a). Für die Wertschöpfungskette der **Fischwirtschaft** könnten ökosystemare marine Veränderungen zu Veränderung der Zielarten führen. Neue Zielarten verursachen Anpassungsnotwendigkeiten in Verarbeitung und Produktion sowie unter Umständen in der Vermarktung neuer Fischarten. Es besteht die Möglichkeit, dass sich im Rahmen der Klimaveränderung das Vorkommen von Fischbeständen regional verschiebt (s. Abbildung 12); dies wäre ggf. durch eine entsprechende Verschiebung der Fanggebiete auszugleichen. So wären Veränderungen am Schwarm- oder Laichverhalten der Fischbestände für die Versorgungssicherheit der Rohwarenströme relevant. Dies hätte zur Folge, dass sich die Fischerei nicht mehr ausüben ließe, weil der Fisch für einen wirtschaftlich lohnenden „catch per unit effort“ nicht mehr dicht genug steht oder weil der Fisch sich nicht mehr ausreichend reproduziert und daher nicht mehr (nachhaltig) befischen lässt (globales Problem der nicht nachhaltigen Fischerei: Überfischung). Wichtige Fanggebiete der deutschen Hochseefischerei sind die westbritischen und mauretanischen Gewässer sowie Norwegen, Grönland und der Pazifik.



Abbildung 12: Mögliche Verschiebung der Lebensräume einiger kommerziell befischter Fischarten bei weiterer Erwärmung der Meere (aus WBGU 2006).

Hier ist allerdings zu beachten, dass die Basis der deutschen Fischindustrie, die in der MPR HB-OL einen Schwerpunkt hat, schon heute importierte Rohware ist. Der Großteil der Tiefkühl-Rohware stammt aus Ländern, die nicht der EU angehören. Diese Situation hat sich aus dem weitestgehendem Wegfall der deutschen Fischereiflotte in den 80er und 90er Jahren des letzten Jahrhunderts ergeben, da die kommerziell lohnenswert fischbaren Bestände von Nord- und Ostsee massiv eingebrochen sind.

Die globalen Veränderungen des Klimawandels und die zunehmende globale Weltbevölkerung werden zunehmenden Druck auf die Verfügbarkeit von Fischereierzeugnissen ausüben und damit den wirtschaftlichen Druck auch auf heimische Unternehmen der Fischwirtschaft erhöhen.

Im Bereich der Wertschöpfungskette **Außer Haus Verpflegung/Verarbeitung** sind v. a. klimawandelbedingte Veränderungen im Angebot zu nennen. So könnten Veränderungen der Produktarten und Produktqualitäten zu einer Angebotserweiterung führen (z. B. Pangasius, Rotflossenswels, Fleisch- und Milchproduktersatz). Gleichzeitig könnten aber auch Veränderungen der Produktmengen und -qualitäten zu einer Angebotsverknappung führen (Ernteaufschläge, globale Märkte, Rückgang der Artenvielfalt). Eine Angebotsumstellung wäre möglich, wenn sich die Nachfrage ändert (Wandel der Ernährungsstile, mediterrane Kost, Fleischreduktion, Vegetarismus: s. Kap. 5.5). Alle diese Angebotseinflüsse sind auch mit überregionalen Klimafolgen verknüpft. Zusätzlich ist die Liefergenauigkeit relevant, da überregionale Klimafolgen, die die Logistikinfrastrukturen beeinträchtigen, zu Beschaffungsproblematik und -konstanz von Frischware führen könnten. Auch die Warenlogistik bezüglich der Kühlung und Haltbarkeit der transportierten Ware ist hier zu nennen (s. Kap. 5.2.2).

Bezüglich der Importabhängigkeit gehören zu den auf die Region wirkenden überregionalen Klimafolgen in der **Energiewirtschaft** die Wirkungen möglicher klimawandelbedingt häufiger auftretender Hitzeperioden, die in den betroffenen Gebieten zu Kühlwassermangel für die Kraftwerke und dadurch zu einer Drosselung deren Leistung führen können. Die Hitzeperioden bzw. -wellen der Jahre 2003 in Westeuropa und 2010 in Russland haben deutlich werden lassen, dass solche Extremereignisse schon heute großräumig und länger andauernd auftreten können (s. Abbildung 13), so dass mit möglichen Versorgungsengpässen im Strombereich oder erhöhten Kosten beim Zukauf von Grundlast zu rechnen sein wird.

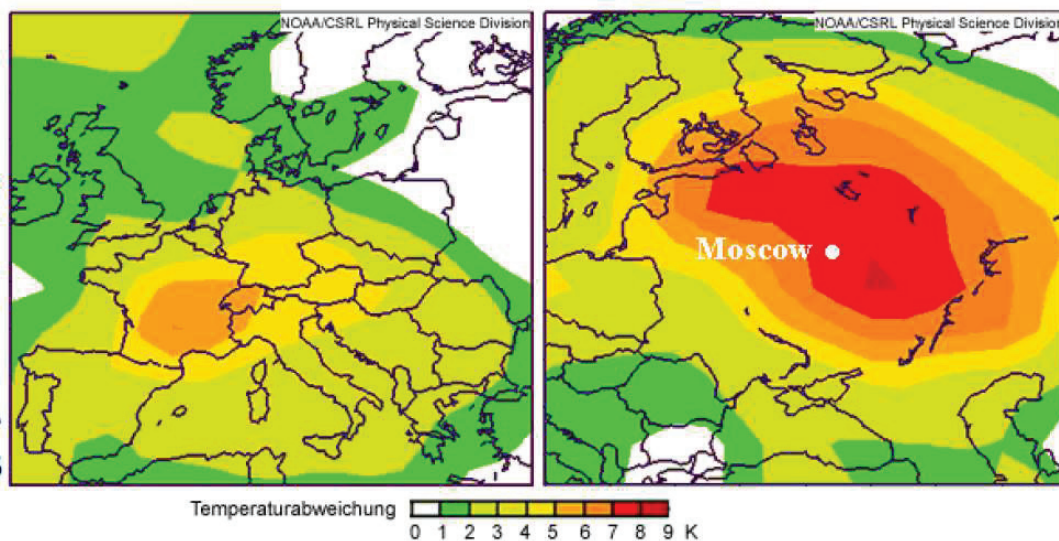


Abbildung 13: Darstellung der Ausdehnung der Hitzewelle im August 2003 (links) und im Juli 2010 (rechts) (aus Becker 2010).

Weitere direkte, überregional auftretende und in die Region hineinwirkende Klimafolgen sind die möglicherweise an Intensität und Häufigkeit zunehmenden tropischen Stürme, die in kürzer werdenden Abständen Förder- und/oder Raffineriekapazität im Golf von Mexiko beeinträchtigen bzw. zerstören. Die möglichen Folgen für die MPR HB-OL wären stärkere und häufigere **Preisschwankungen** im Kraftstoffbereich oder sogar **Versorgungsengpässe**. Ähnliches gilt für die Versorgung mit Steinkohle in Zusammenhang mit zunehmenden Überflutungsereignissen in Exportländern wie 2011 in Australien. Preisschwankungen und/oder Engpässe in der Versorgung könnten auch aus einer Zunahme von Waldbränden in Osteuropa wie 2010 in Russland und aus dem Auftauen der sibirischen Permafrostböden resultieren (s. Abbildung 14), da damit Beeinträchtigungen für die öl- oder gastransportierende Infrastruktur sowie die Fördereinrichtungen verbunden wären.

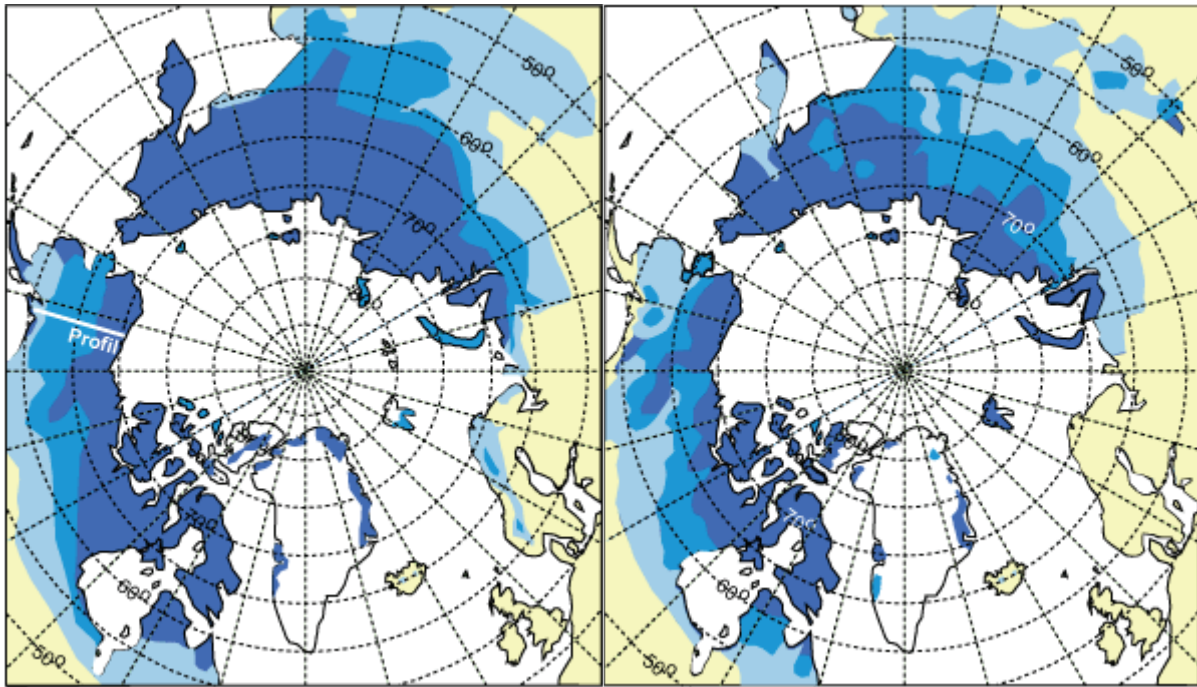


Abbildung 14: Verbreitung von Permafrost auf der Nordhalbkugel heute (links) und im Jahr 2050 (rechts). Dunkelblau: zusammenhängender Permafrost, blau: unzusammenhängendes Vorkommen, hellblau: sporadisches Vorkommen (nach U.S. Arctic Research Commission Permafrost Task Force 2003; s. a. Website NSIDC).

Nicht zuletzt könnten klimawandelbedingte indirekte Klimafolgen wie z. B. Dürren und Wassermangel zu verstärkten politischen Instabilität in Ressourcenländern führen. Mögliche Folgen für die Energiewirtschaft der MPR HB-OL wären höhere Bezugspreise für Energieträger und Versorgungsengpässe.

Überregionale Klimafolgen mit ihren potenziellen Wirkungen für die MPR HB-OL werden im Folgenden am Beispiel der Tourismuswirtschaft dargestellt, wobei hier auch auf die nicht-klimatischen Einflussfaktoren eingegangen wird. Für die **regionale Nachfrage** nach den Angeboten der **Tourismuswirtschaft** ist im Rahmen des global wirkenden Klimawandels die Konkurrenz mit anderen Destinationen von Bedeutung. Diese wird dadurch beeinflusst, wie sich das Klima in den heute begünstigten Tourismusdestinationen entwickeln wird (in Europa insbesondere die Destinationen im Mittelmeergebiet wie z. B. Italien, Spanien, Griechenland und die Türkei). Hier kann es aufgrund der Erwärmung zu einer deutlichen Steigerung der Hitzebelastungen kommen (Fischer & Schär 2010; s. Abbildung 15), die die Attraktivität dieser Regionen für Touristen beeinträchtigen könnte (s. Abbildung 16). Im Gegenzug könnten die Touristenziele im nördlichen Europa profitieren (IPCC 2007, EEA 2008), welches auch die Küstendestinationen mit der ostfriesischen Insel Wangerooge in der MPR HB-OL begünstigen könnte. Mit aller Vorsicht lässt sich also feststellen, dass der Klimawandel die günstigen Entwicklungsperspektiven des Küstentourismus in der MPR HB-OL eher verstärkt als schwächt, da z. B. die klassischen Mittelmeerziele unter verstärktem sommerlichen Hitzestress leiden werden (EEA 2008).

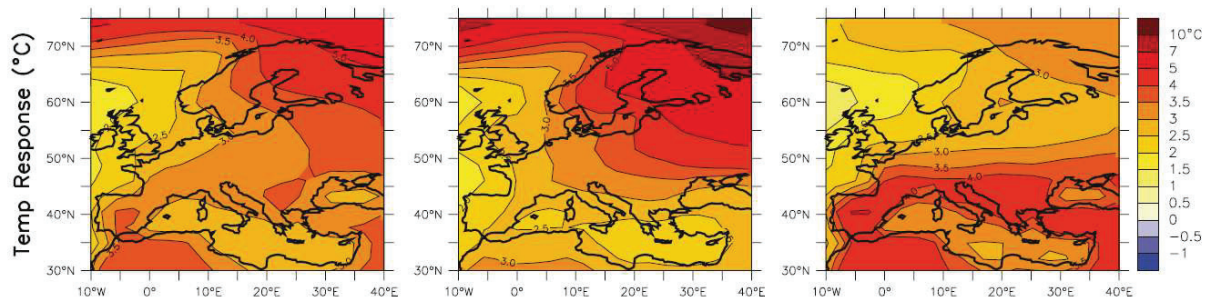


Abbildung 15: Modellerte Veränderung der Jahresmitteltemperatur (links), der Wintermitteltemperatur (Mitte) und der Sommermitteltemperatur (rechts) für Europa zwischen 1980-1999 und 2080-2099 für das IPCC A1B-Emissionsszenario (Durchschnitt von 21 Modellen; Multi-Model-Data-Simulation)(aus EEA 2008).

Für die global agierende Tourismusindustrie wird es also im Rahmen des Klimawandels Gewinner und Verlierer geben (Lozán et al. 2008, Matzarakis et al. 2009). Eine Studie der Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen (F.U.R.) im Auftrag des WWF über Trends für die Tourismuswirtschaft hat zusammengetragen, wie sich die Urlaubspräferenzen der Deutschen angesichts des Klimawandels – insbesondere aufgrund des zunehmenden Bewusstseins, dass der Tourismus für hohe Treibhausgasemissionen verantwortlich ist – verändern könnten (WWF 2009). Demnach legen Urlauber vermehrt Wert auf eine nachhaltige Ausgestaltung ihrer Reisen, wobei auch Klimaschutzüberlegungen eine Rolle spielen, und Nachhaltigkeit ist generell zum wichtigen Wirtschaftsfaktor auch für die Tourismuswirtschaft geworden. Die Gruppe nachhaltig Reisender, also Personen, die auf Umweltverträglichkeit beim Reisekauf achten, wird als verlässlich und stabil eingeschätzt (z. B. Bahrenberg 2005; Lohmann & Aderhold 2009).

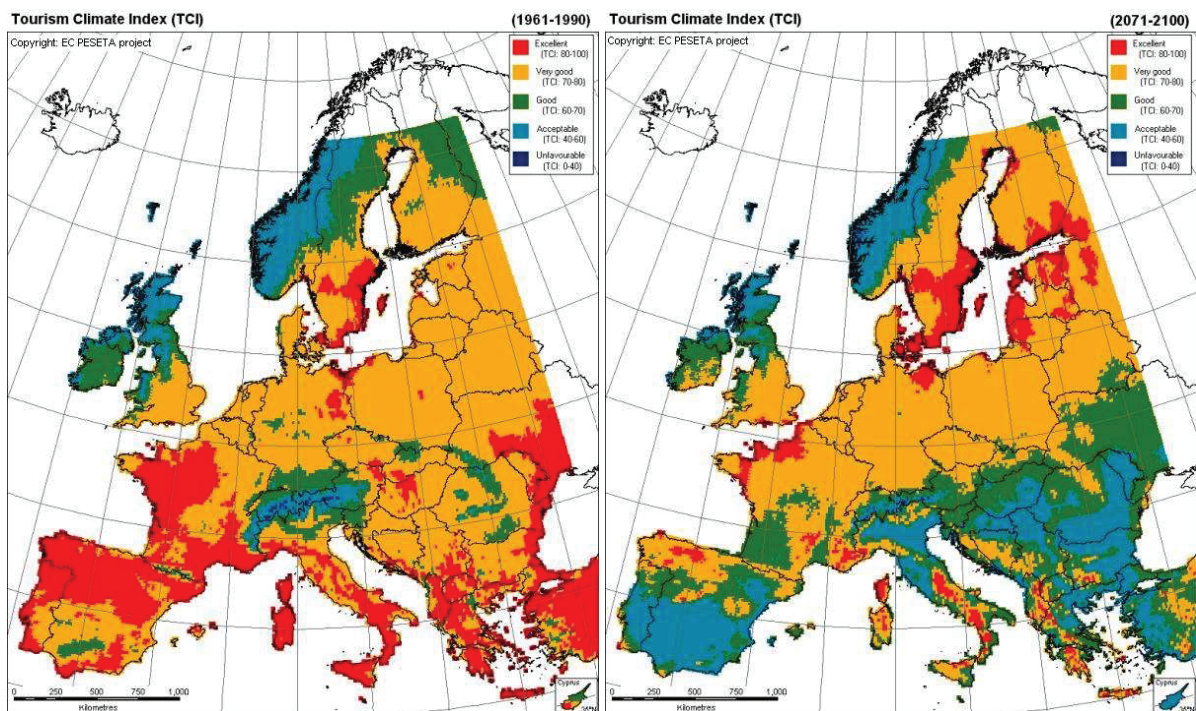


Abbildung 16: Modellerte Bedingungen für den Sommertourismus (Monate Juni, Juli und August) in Europa für 1961-1990 (links) und 2071-2100 für das A2-Emissionsszenario (Quelle: JRC PESETA-Projekt: <http://peseta.jrc.ec.europa.eu/docs/Tourism.html>).

Für die Abschätzung der zukünftigen Nachfrage nach regionalen Tourismusangeboten stellt sich aber zusätzlich auch die Frage, ob und wie sich neben dem Klimawandel weitere Trends auf die Destinationen in Deutschland bzw. der MPR HB-OL auswirken (s. Tabelle 11).

Tabelle 11: Trends und mögliche Konsequenzen für Destinationen und Anbieter in Deutschland bzw. der MPR HB-OL auch unter Berücksichtigung von Klimaschutzaktivitäten (nach Bartels et al. 2009; Lohmann & Aderhold 2009; WWF 2009).

Trends	Mögliche Konsequenzen für Destinationen und Anbieter in Deutschland bzw. der MPR HB-OL
Gesetzgebung zu Klimaschutzmaßnahmen	steigende Kosten bei Hotelbauten und Freizeiteinrichtungen
Zunahme terroristischer Anschläge	Deutschland als sicheres Reiseziel gewinnt an Bedeutung
Wirtschaftliche Situation	mehr Preisbeachtung und Preisvergleiche werden wichtiger („mehr Urlaub für das gleiche Geld“); mehr in einen Urlaub „packen“ durch Kombination von z. B. Natur-, Kultur- und Gesundheitsreisen; mehr Qualität und Erwartung des gleichen Standards, wie im letzten Urlaub oder des von zu Hause gewohnten
Zunehmende Sensibilisierung der Reisenden im Bereich Klimaschutz (z. B. LOHAS)	Wettbewerbsvorteile für klimabewusste Anbieter
Steigerung der Benzin- und Kerosinpreise; Verteuerung der Flugpreise durch Emissionshandel	Destinationen im Inland werden attraktiver; abnehmende Bedeutung von PKW und Flugzeug bei An- und Abreise; steigendes Preisbewusstsein am Urlaubsort durch höhere Anreisekosten
Demographischer Wandel	Familienurlaub nimmt weiter ab; mehr Senioren und Alleinreisende
Klimaveränderungen am Mittelmeer: extreme Hitze in der Hauptsaison, Wasserknappheit	Deutsche könnten in den Sommermonaten das eigene Land bevorzugen; möglich ist auch eine Verschiebung des Haupturlaubs im Mittelmeerraum in die Vor- und Nachsaison
Verlagerung der Reiseströme von Einwohnern heißer Regionen in Urlaubsregionen mit gemäßigttem Klima	Einwohner heißerer Mittelmeerregionen könnten verstärkt nach Deutschland reisen; entsprechend ist eine Zunahme der Anzahl ausländischer Gäste bei entsprechendem Angebot in Deutschland denkbar
Stärkere Bedeutung von Naturlandschaften; Sensibilisierung der Bevölkerung in Bezug auf unversehrte Natur	intakte Natur mit abwechslungsreichen Landschaftsbildern und gute Luftqualität muss gewährleistet sein
Trend zu Individualisierung: Erholung, Vergnügen, Gemeinschaft, Erlebnis, Gesundheit, Selbst- bzw. Sinnerfahrung	Angebote aus individuell zugeschnittenen Bausteinen sind gefordert, Differenzierung in kleinere Angebotssegmente; größere Rolle der Tourismus-Profis als „guide“ durch den Informationsdschungel gefordert
Intensive gesellschaftliche Diskussion zum Thema Energieeinsparung über die CO ₂ -Reduzierung in der Automobilindustrie oder die Abschaffung von Glühbirnen	Urlauber erwarten von den Anbietern, dass sie sich aktiv bei Energieeinsparmaßnahmen beteiligen

Die MPR HB-OL könnte zusätzlich auch dann zu den Gewinnern zählen, wenn aufgrund eines steigenden Bewusstseins über die Klimaschädlichkeit von Flugreisen von den deutschen Urlaubern mehr auf regionale Destinationen gesetzt wird, also eher Urlaub in Deutschland gemacht wird. Dieses könnte allerdings auch dazuführen, dass Touristen aus fernen Ländern ebenfalls das Reiseziel Nordseeküste nicht mehr ansteuern, wobei dieser Effekt aufgrund der jetzt schon hohen Bedeutung der deutschen Touristen für die Region vergleichsweise gering ausfallen dürfte. Mehrere Untersuchungen haben ergeben, dass Deutschland das beliebteste Reiseziel der Deutschen ist (z. B. Petermann et al. 2006; TMN 2009; ift 2010).

Mögliche zukünftige Randbedingungen für die Tourismuswirtschaft der MPR HB-OL sollen im Folgenden – analog zum Vorgehen in KLIMU²¹ – anhand zweier Entwicklungspfade mit folgenden Faktoren beschrieben werden (DWIF 1999, Seidel 2005, Bahrenberg & König 2005):

- Ausdifferenzierung der Lebensstile,
- Flexibilisierung und Differenzierung der Zeitbudgets,

²¹ Für das KLIMU-Projekt wurde analysiert, wie zwei vom Deutschen Wirtschaftswissenschaftlichen Institut für Fremdenverkehr (DWIF) erstellte Entwicklungspfade für den Küstentourismus in Deutschland, die klimawandelbedingte Sensitivität der Unterweserregion beeinflussen bzw. welche Klimafolgen für den Fremdenverkehr daraus resultieren.

- ökonomische Entwicklung,
- politische Rahmenbedingungen,
- verkehrliche Erreichbarkeit und Transportkosten,
- Konkurrenz anderer Zielgebiete.

Ein daraus abgeleiteter erster Entwicklungspfad („anything must go“; nach DWIF 1999, Bahrenberg & König 2005) ist gekennzeichnet durch eine Orientierung der Tourismusentwicklung v. a. am weltweiten Markt mit geringer Berücksichtigung ökologischer Interessen, eine starke touristische Erschließung der Küsteregion mit zahlreichen Freizeit- und Erlebnisparks, ein starkes Wachstum der Tagesausflügler und Übernachtungen, die Ergänzung des Sommerurlaubs durch eine Ausdifferenzierung touristischer Angebote durch multifunktionale, wetterunabhängige Freizeit- und Ferienanlagen sowie durch die Dominanz von privaten Großinvestoren bei den Anbietern aufgrund hoher Investitionskosten.

Ein zweiter Entwicklungspfad („regionaler Individualismus“; nach DWIF 1999, Bahrenberg & König 2005) kann charakterisiert werden durch die Bewahrung und Stärkung der regionalen Identität und Wirtschaft u. a. durch die Festlegung von Tragfähigkeitsgrenzen und ein „Mitgestaltung von Innen“ statt „Fremdbestimmung von außen“. Die Hauptzielgruppen sind neben aktiven, wohl-situ-ierten Erwachsenen mittleren Alters und Senioren auch Familien und LOHAS²² (nach der Studie „Wirtschaftsmotor Alter“ des Bundesministeriums für Senioren buchen bereits heute die 50- bis 75-Jährigen über 48% der Pauschalreisen, obwohl sie nur 29% der Bevölkerung ausmachen). Weitere Merkmale sind der Verzicht auf starkes Wachstum des Übernachtungs- und Ausflugsvo-lumens zugunsten einer Erhöhung des Qualitätsstandards, wobei Hauptumsatzträger der Som- mertourismus in privat geführten Häusern mittlerer Größenordnung bleibt, und eine Orientierung auf küstentypische Angebotsformen mit einer Vielzahl von gesundheits-, wellness- und naturori- entierten Einrichtungen und Angeboten.

Diese beiden Entwicklungspfade decken ein mögliches Spektrum zukünftiger Entwicklungsmög- lichkeiten des Küstentourismus ab, wobei sich nach DWIF (1999) die wirkliche Entwicklung des Tourismus zwischen diesen beiden Pfaden oder bei gleichzeitiger Entwicklung von Teilen beider Pfade abspielen wird. Für die Küstenregion haben die Untersuchungen von Bahrenberg (2005) und Seidel (2005) ergeben, dass beiden Pfaden gute Zukunftschancen eingeräumt werden. Demnach besitzen folgende Gebiete der MPR HB-OL eine hohe touristische Eignung:

- **Entwicklungspfad A:** Städte und Ballungsräume; weniger entwickelte Seebäder und Kü- stenorte/-räume mit Potenzialen z. B. bezüglich Erreichbarkeit; Verkehrsknotenpunkte; preis- wertere Flächen; landwirtschaftliche Brachflächen und Regionen mit einer Nähe zu Küstenau- tobahnen oder -straßen;
- **Entwicklungspfad B:** (Groß-)Schutzgebiete wie National-, Naturparke oder Biosphärenre- servate; ländliche Räume; Kur- und Erholungsorte auch in Regionen im küstenferneren Bin- nenland.

Neben den städtischen Zentren Bremen, Bremerhaven, Wilhelmshaven sowie Oldenburg, sind demnach vor allem die Landkreise Friesland mit der Insel Wangerooge, Wesermarsch und Cuxhaven Gebiete mit hoher touristischer Eignung, wenn man die Entwicklungspfade zugrunde legt. Bei den genannten Landkreisen handelt sich um Regionen mit ausbaufähigen Seebädern und Küstenorten, die gut erreichbar sind, deren Bodenpreise vergleichsweise günstig sind bzw. wo preiswerte Flächen vorhanden sind („anything must go“) sowie um Erholungsorte im ländli- chen Raum („regionaler Individualismus“). Bahrenberg & König (2005) gehen davon aus, dass sich direkt an der Küste Butjadingens und im Land Wursten eher der erste Entwicklungspfad, zum Landesinneren eher der zweite Entwicklungspfad durchsetzen wird. Dafür gibt es bereits Anzeichen, wenn man etwa an den Freizeit- und Erlebnispark „Tropen Parc“ im Ort Tossens (in der Gemeinde Butjadingen) denkt. Bei beiden Pfaden rechnet die DWIF-Studie mit einer – wenn auch unterschiedlich ausgeprägten – Dominanz des Sommertourismus an der Küste, welche

²² LOHAS ist ein Akronym für „Lifestyles of Health and Sustainability“. Es steht für einen Lebensstil oder Konsumententyp, der durch sein Konsumverhalten und gezielte Produktauswahl Gesundheit und Nachhaltigkeit fördern will.

durch die positiven Auswirkungen (durch trockenere und wärmere Sommer sowie feuchtere Winter) unterstützt verstärkt werden könnte.

Die Wetter- und Klimaabhängigkeit der Entwicklungspfade lässt sich aus der jeweiligen Bedeutung wetter- und klimaabhängiger Angebote ableiten und wird von der pfadtypischen Nachfragestruktur bestimmt. Im ersten Pfad werden die Gäste im Hinblick auf ihre persönliche Wetterwahrnehmung und -bewertung als „wetter- bzw. klimasensibler“ eingeschätzt. Hier ist eher mit dem weniger robusten, „launischen“ Spontanreiseentscheider zu rechnen, der zwar primär Indooranlagen besucht, für den dennoch schönes Wetter und angenehmes Klima wichtig sind (Seidel 2005, Website DWIF). Im zweiten Pfad werden naturorientierte Urlauber als die zentrale Nachfragegruppe angesehen. Sie unternehmen zwar zahlreiche Aktivitäten im Freien, sind aber aufgrund ihrer Erwartungen nicht so sehr auf schönes Wetter sowie auf Alternativen für Schlecht-Wetter-Perioden fixiert. Sie rechnen mit Wetter- und Temperaturschwankungen, also auch gelegentlich mit Regen und Wind im Urlaub (Nordseetyp). Insgesamt ist also der erste Pfad von der Angebotsstruktur her weniger wetter- bzw. klimasensibler als der zweite, hat aber eine Nachfrage, für die das Wetter bzw. die Unabhängigkeit von ihm, eine erhebliche Rolle spielt. Der zweite Pfad ist zwar angebotsseitig wetter- bzw. klimaabhängiger, hat dafür aber eine Nachfrage für die gutes Wetter eine deutlich geringere Rolle spielt als für die Klientel des ersten Pfads (Website DWIF). Zusätzlich hängt die zukünftige touristische Entwicklung in der Region natürlich von den Akteuren in der Tourismuswirtschaft selbst ab, da durch sie bestimmt wird, welche Entwicklungen zugelassen oder behindert werden und ob die potenziellen Chancen gesehen und genutzt werden.

5.2.2 Verkehrsinfrastruktur und Logistik

Ob und wie sich veränderte Mengen exportierender oder importierender sowie regional nachgefragter Güter und Dienstleistungen auf die Region auswirken werden, hängt maßgeblich von der veränderten Funktionsfähigkeit globaler Transport- bzw. Verkehrsinfrastrukturen und der global agierenden Logistikwirtschaft ab. Insbesondere in der **Hafenwirtschaft & Logistik**, die eng mit Einflussfaktoren außerhalb der MPR HB-OL verknüpft ist, sind vielfältige regionale Wirkungen des sich in anderen Weltregionen auswirkenden globalen Klimawandels auf die Verkehrs- und Logistikinfrastruktur möglich. Diese Beeinflussung findet auf drei Ebenen statt: einer Güterebene, einer Sektorebene und einer Ebene der Transportwege. Zu allen Ebenen wurden empirische Untersuchungen vorgenommen, die in Kapitel 4.9 ausführlich dargestellt sind (s. a. Nibbe et al. 2011; Osthorst & Mänz 2012).

Auf der **Güterebene**, wird der Bereich Hafenwirtschaft & Logistik in der MPR HB-OL durch klimawandelbedingte Veränderungen der Produktionsmöglichkeiten in zentralen Zulieferer- und Abnehmerländern beeinflusst (s. a. Kap. 5.2.1). Es ist zu erwarten, dass in die MPR HB-OL importierte Güter zukünftig aus anderen als den bisherigen Regionen stammen, und dass aus der MPR exportierte Güter andere als die bisherigen Regionen erreichen. Als Beispiel kann hier auf die Produktion von Baumwolle in Asien verwiesen werden. Die möglichen Veränderungen der klimatischen Bedingungen in Asien ist in Abbildung 17 dargestellt: nach IPCC (2007) wird für die Ernteerträge generell in Ost- und Südostasien ein Anstieg um bis zu 20% projiziert, während sie in Zentral- und Südasien bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts um bis zu 30% zurückgehen könnten (weitere Informationen über die Auswirkungen auf Landwirtschaft und Landnutzung finden sich in IPCC 2007). Die damit verbundenen Verschiebungen der globalen Schifffahrtsrouten werden zum einen die Hafenstruktur der MPR HB-OL verändern, da die Infrastruktur einem veränderten Verladungsbedarf angepasst werden muss. Zum anderen ist damit zu rechnen, dass sich auch die Struktur der ansässigen Logistikunternehmen verändern wird, da eine Veränderung der umgeschlagenen Güter in der MPR HB-OL angepasste Transportangebote fordern wird. Im Bereich der Warenlogistik für die Ernährungswirtschaft ist z. B. die Kühlung und Haltbarkeit der transportierten Ware zu beachten. Insbesondere treten diese Probleme bei europaweiten Lebendtransporten aufgrund des zunehmenden Hitzestress der Tiere auf.

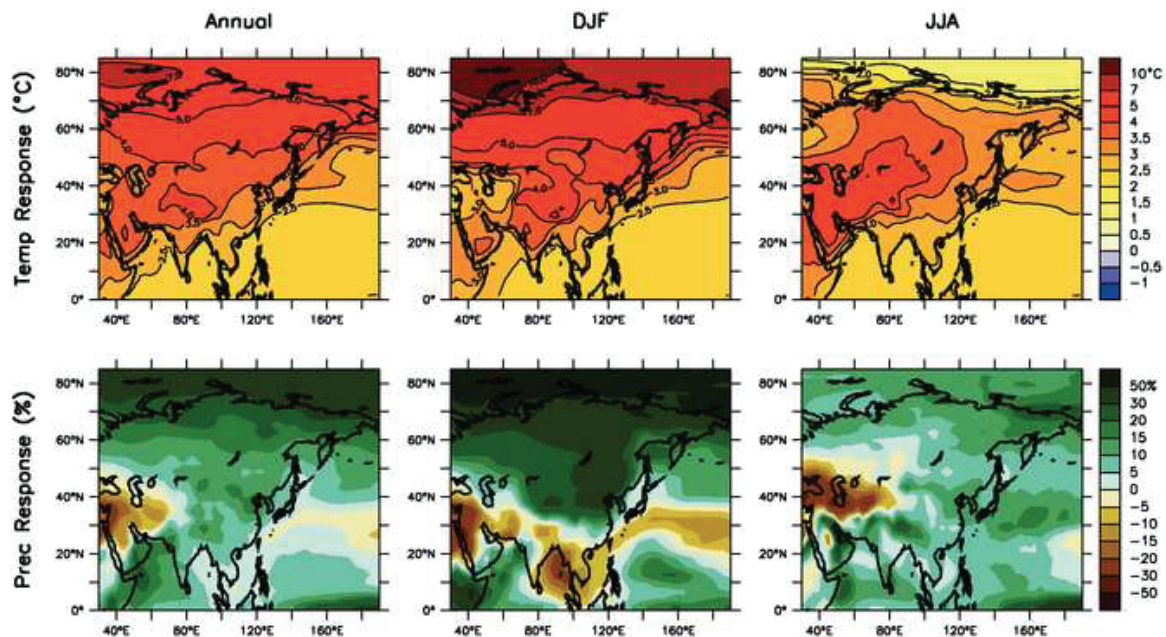


Abbildung 17: Temperatur- und Niederschlagsänderungen für Asien anhand einer Multi-Modell-Datensimulation des A1B-Emissionsszenarios. Oben: Jahres-, Winter- (DJF) und Sommermittel (JJA) der Temperaturänderung zwischen 1980-1999 und 2080-2099 als Durchschnitt von 21 Modellen. Unten: Prozentuale Niederschlagsänderungen für dieselben Mittelwerte wie oben (aus Website IPCC).

Auf einer **Sektorebene** sind die Strukturen der Logistikbranche und deren Veränderungen wesentlicher Einflussfaktor für die Hafen- und Logistikwirtschaft in der MPR HB-OL. Es ist davon auszugehen, dass die Auswirkungen des Klimawandels ein verstärkender Faktor für die Konkurrenz insbesondere der Häfen der Nordrange sind (v. a. Rotterdam, Antwerpen oder Hamburg). Daher nimmt die klimawandelbedingte Vulnerabilität von Häfen außerhalb der MPR HB-OL erwartungsgemäß Einfluss auf den hiesigen Sektor. Die jeweilige Exposition eines Hafens und der angrenzenden Binnenstruktur gegenüber den Folgen des Klimawandels sowie die jeweilige Anpassungskapazität könnten aus Sicht von Terminalbetreibern und Carriern zu kritischen Größen für die Wahl eines Logistikstandorts werden. Ein Beispiel ist die Konstruktion „klimawandelsicherer“ Häfen und die damit verbundenen besseren Anlaufmöglichkeiten während extremerer Wetterbedingungen. Wie in Rotterdam der Hafen vor Sturmfluten schon heute geschützt wird, ist in Abbildung 18 (rechts) dargestellt: das Maeslant-Sturmflutsperrwerk ist Bestandteil des Programms „Rotterdam Climate Proof“ (Abbildung 18 links).



Abbildung 18: Illustration des integrierten Systemansatzes zum Überflutungsschutz in den Ästuaren von Rhein und Maas (aus der Studie „Rhine estuary closable but open – a multidisciplinary exploration“: s. Website Rotterdam Climate Initiative). Für die Zufahrt zum Hafen von Rotterdam wurde 2005 das Sturmflutsperrwerk Maeslantkering (Foto rechts und in der linken Abb. oben links dargestellt) am Hoek van Holland als Bauwerk des niederländischen Deltaplanes fertig gestellt. Es schützt den Rotterdamer Hafen und die unter dem Meeresspiegel liegende Region um Rotterdam (Quelle: <http://www.rotterdamclimateinitiative.nl>).

Schließlich wird der globale Klimawandel auch die **Transportwege** und -strukturen verändern. Zum einen ist eine Veränderung von möglichen Schifffahrtswegen insbesondere durch starke sommerliche Eisschmelze im arktischen Polarmeer denkbar. Ein Beispiel ist das Befahren der Nordostpassage, was für die Verbindung Hamburg-Yokohama (Japan) eine Streckenreduzierung um 40% der bisherigen Route bedeuten würde (s. Abbildung 19), mit erheblichen wirtschaftlichen Vorteilen für die Logistikbranche in der MPR HB-OL. Zum anderen könnten Transportwege aus der MPR HB-OL ins südliche Europa durch Klimafolgen negativ betroffen werden. Denkbar ist hier eine Zunahme der Häufigkeit von Straßensperrungen durch Extremregenereignisse oder durch das Abschmelzen der Gletscher verursachte Hangrutschungen (Murenabgänge) in der Alpenregion.

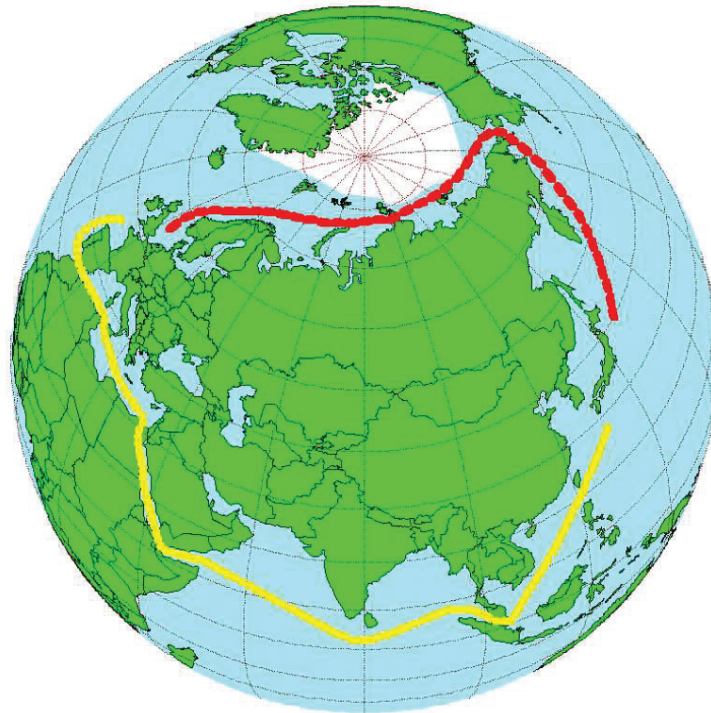


Abbildung 19: Nordostpassage (rot) im Vergleich der bisherigen Route nach Asien (gelb)(aus Osthorst & Mänz 2012)

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Hafen- und Logistikwirtschaft in der MPR HB-OL in ihrer Funktion als Schnittstelle zu anderen Regionen, Ländern und Kontinenten mit großer Wahrscheinlichkeit eine mittlere Vulnerabilität gegenüber den Konsequenzen des globalen Klimawandels hat. Globale Veränderungen von relevanten Güterströmen, Transportwegen oder der Sektorstruktur, schlagen sich in der Region nieder und beeinflussen diese nachhaltig. Zusätzlich ist aufgrund der wirtschaftssektorübergreifenden Bedeutung der Transport- und Verkehrswege auch für alle anderen Wirtschaftsbereiche mit deutlichen Auswirkungen zu rechnen. Die Beobachtung der globalen Folgen des Klimawandels, deren Einfluss auf die Vulnerabilität der MPR HB-OL und die Anpassung an die potenziellen Auswirkungen ist daher nicht nur eine zentrale Aufgabe für die Hafen- und Logistikwirtschaft.

5.2.3 Fazit

Die Wirkungen des globalen Klimawandels auf die vier betrachteten Wirtschaftssektoren mit ihren jeweiligen Wertschöpfungsketten (WSK) innerhalb der MPR HB-OL sind unterschiedlich hoch: insbesondere der Sektor **Hafenwirtschaft & Logistik** ist aufgrund seiner globalen Ausrichtung höher vulnerabel gegenüber den Klimawirkungen in anderen Weltregionen. Durch die starke internationale Vernetzung der Hafenwirtschaft & Logistik sind globale Auswirkungen für diesen Wirtschaftssektor von besonderer Relevanz. Bei der **Energiewirtschaft** rührt die globale Vulnerabilität vorwiegend aus dem Bezug von Roh- und Brennstoffen. Diese wird in Zukunft auf Grund der durch den Klimaschutz bedingten Verringerung des Bedarfs an fossilen Brennstoffen voraus-

sichtlich abnehmen. Je nach vorherrschenden Technologien können jedoch neue Vulnerabilitäten durch einen erhöhten Bedarf an kritischen Metallen auftreten. Die **Ernährungswirtschaft** ist ebenfalls in Teilen global vernetzt, wobei z. T. regionale WSK insbesondere in der Milchwirtschaft als weniger vulnerabel eingeschätzt werden können, da die Kopplung der Milcherzeugung mit der regionalen Grünlandbewirtschaftung zur Futtermittelproduktion globale Abhängigkeiten reduzieren hilft (Mesterharm 2011). Auch für die Wertschöpfungskette **Gemüseanbau** ist festzuhalten, dass sie eher regional begrenzt ist und daher von den globalen Auswirkungen des Klimawandels vergleichsweise geringer beeinträchtigt wird. Insgesamt treten aber in der Ernährungswirtschaft auf allen Stufen der Wertschöpfungsketten neben den regionalen Flüssen sowohl Importe als auch Exporte von Stoffen und Gütern über die Grenzen der Metropolregion hinweg auf. Neben den Importen von wichtigen Vorprodukten für Wertschöpfungsketten der regionalen Ernährungswirtschaft nehmen auch die Exporte von Zwischen- und Endprodukten an andere deutsche Regionen oder Drittländer einen großen wirtschaftlichen Stellenwert ein.

Insgesamt werden veränderte Rahmenbedingungen auf den Weltmärkten über die Verflechtungen entlang der Wertschöpfungskette an alle Wirtschaftsbereiche weitergegeben, so dass diese Veränderungen auch bei den Akteuren der regionalen Wirtschaftsunternehmen zu spüren sein werden. So könnten sich z. B. für die Ernährungswirtschaft durch den Klimawandel veränderte Wettbewerbskonstellationen ergeben, die durchaus auch positiv auf die MPR HB-OL wirken, da diese im Vergleich zu anderen land- und viehwirtschaftlich geprägten Regionen der Welt komparative Wettbewerbsvorteile erhält. Eine hiermit verbundene Intensivierung der regionalen landwirtschaftlichen Produktion kann allerdings Konflikte verschärfen (s. Kapitel 5.2.1). Eine mögliche Konfliktkonstellation ergibt sich z. B. mit der Tourismuswirtschaft, für die es weiterhin wichtig sein wird, naturnahe Landschaftsbilder der gewohnten Kulturlandschaft für den Naturtourismus anzubieten. Intensivere landwirtschaftliche Nutzung (wie z. B. die „Vermaisung“) könnte die Ausschöpfung dieses Potenzials mindern (s. a. Kap. 5.3). Andererseits können in anderen Regionen der Welt klimabedingt Engpässe bei wesentlichen Importen wie z. B. Soja entstehen, die sich dann auf die regionale Ernährungswirtschaft kostensteigernd auswirken können.

Damit kann festgestellt werden, dass die globalen Folgen des Klimawandels mit ihren vielfältigen möglichen Wirkungen auf die MPR HB-OL die Komplexität im Beziehungs- und Wechselwirkungsgeflechts zwischen den Wirtschaftssektoren oder innerhalb der Wertschöpfungsketten zusätzlich erhöht. Die Vernetzungen innerhalb der globalen Märkte haben dabei – trotz noch diverser unbekannter Einflussfaktoren – einen für die MPR HB-OL vulnerabilitätserhöhenden Effekt. Zwar können die komplexen Vernetzungen der global ausgerichteten Wertschöpfungsketten die Vulnerabilität z. B. durch Redundanzen in den Lieferbeziehungen oder der Ersetzbarkeit einzelner Lieferanten oder Abnehmer auch reduzieren, da aber die Einflussmöglichkeiten der regionalen Akteure auf globale Aspekte zum Teil deutlich eingeschränkt sind, überwiegen u. E. die negativen vulnerabilitätserhöhenden Aspekte. Insbesondere die deutsche Wirtschaft, die in großen Teilen ihren Erfolg einer hohen Exportquote verdankt, gleichzeitig aber eine hohe Importabhängigkeit von strategischen Rohstoffe aufweist (fossiler Energieträger, Metalle der Seltenen Erden), kann als vergleichsweise hoch vulnerabel gegenüber den Entwicklungen am Weltmarkt sowie in den Abnehmer- und Lieferländern angesehen werden.

Allerdings muss natürlich auch betont werden, dass veränderte Klimabedingungen nur ein Einflussfaktor von vielen ist. In vielen Fällen werden wahrscheinlich die nicht-klimawandelbedingten Veränderungen in den globalen Märkten die klimawandelbedingten zumindest kurz- bis mittelfristig dominieren. Es könnte aber auch gerade durch die Verknüpfung nicht-klimatischer mit klimatischen Einflussfaktoren und -prozessen (z. B. klimawandelbedingte Trockenheit in einzelnen Ländern oder Regionen, wodurch aufgrund steigender Nahrungsmittelpreise gesellschaftliche Unruhen und Aufstände ausbrechen, die die jeweilige Region oder das jeweilige Land als Wirtschaftspartner ausfallen lassen) zu beachtenswerten Konsequenzen auch für die MPR HB-OL kommen.

Es muss also konstatiert werden, dass für die Wirkungen globaler Verflechtungen von klimabedingten und nicht-klimabedingten Einflussprozessen deutlicher Forschungsbedarf besteht. Hier bietet sich auch möglicherweise an, anhand solcher, im Wesentlichen alle Wirtschaftssektoren betreffender Wirkungen Methoden für eine integrierte und sektorübergreifende Vulnerabilitätsanalyse zu entwickeln, die dann eine vergleichende Vulnerabilitätsbewertung ermöglichen könnte.

5.3 Konfliktkonstellationen und Synergieeffekte als Folge von Klimaanpassung

Stefan Wittig, Jan Spiekermann, Ulrich Scheele

Ergebnis der regionalen klimawandelbezogenen Vulnerabilitätsanalyse (VA) ist, dass die MPR HB-OL aufgrund unterschiedlicher naturräumlicher (und sozioökonomischer) Gegebenheiten keine flächendeckend einheitliche Vulnerabilität gegenüber den zu erwartenden klimatischen Veränderungen aufweist. Vielmehr lassen sich bestimmte Teilräume der MPR HB-OL identifizieren, die aufgrund ihrer spezifischen Charakteristika in besonderer Weise von bestimmten klimatischen Veränderungen betroffen sind. Zu unterscheiden sind dabei folgende drei räumliche Bereiche (Raumtypen):

- Küsten- und Ästuarbereich,
- ländlicher Raum sowie
- städtischer Raum.

Des Weiteren wurde im Rahmen der VA deutlich, dass die durch die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels hervorgerufenen raumwirksamen Anpassungserfordernisse zu Konfliktkonstellationen (Zielkonflikte und Flächennutzungskonkurrenzen) sowohl zwischen verschiedenen Sektoren (bzw. Handlungs- oder Wirtschaftsbereiche) als auch mit anderen räumlichen Nutzungsanforderungen innerhalb einzelner Sektoren führen können. Schließlich sind auch Konfliktkonstellationen mit den Zielen des Klimaschutzes denkbar, wodurch die Vulnerabilität der genannten Raumtypen bzw. der davon betroffenen Sektoren zusätzlich erhöht wird (vulnerabilitätserhöhende Wirkung).

Darüber hinaus konnten aber auch potenzielle Synergieeffekte identifiziert werden (z. B. integrierte bzw. multifunktionale Konzepte zur Lösung von Konfliktlagen, „win-win“-Strategien), die wiederum eine vulnerabilitätsverringende Wirkung entfalten können. Synergieeffekte, im Sinne vom Zusammenwirken sich gegenseitig fördernder Faktoren, können dabei auf verschiedene Weise auftreten: ähnlich wie bei den Konflikten können sie aus verschiedenen sektoralen Problemlagen und Gefährdungen resultieren oder sie basieren auf Lösungsstrategien, die für mehrere Sektoren geeignet sein können. Zusätzlich sind Synergien auch für solche Situationen denkbar, die sich dadurch auszeichnen, dass sie sowohl der Klimaanpassung dienen, als auch weitere (heutige) Problemlagen (z. B. demographischer und struktureller Wandel, Beeinträchtigung der ökosystemaren Funktions- und Leistungsfähigkeit sowie der Biodiversität, Klimaschutz, rechtliche Anforderungen aus EG-WRRRL und EG-HWRM-RL usw.) bewältigen helfen. Auch die in der DAS (Bundesregierung 2008) festgehaltene Leitlinie, Synergien zu nutzen (und Konflikte zu vermeiden), ist für die Auswahl von Anpassungsoptionen und die Priorisierung von Maßnahmen zur Anpassung an die Klimawirkungen von hoher Relevanz; sie wird im Rahmen der Umsetzung des Aktionsplans eine zentrale Rolle spielen (Möckel 2010, UBA 2011).

Im Folgenden werden wesentliche aus den Klimawandelanpassungserfordernissen resultierende Konfliktkonstellationen und Synergieeffekte in den drei Raumtypen „Küsten- und Ästuarbereich“, „ländliche Räume“ und „städtische Räume“ dargestellt.

5.3.1 Küsten- und Ästuarbereich

Auswirkungen des Klimawandels und raumwirksame Anpassungserfordernisse

Der Küsten- und Ästuarbereich weist aufgrund seiner topographischen und naturräumlichen Eigenschaften (Geländehöhe wenig über bzw. sogar unter NN, tidebeeinflusstes Wassermanagementsystem, meeresseitige Beeinflussung des Grundwasserkörpers, Übergangsräume zwischen Land und Meer) eine besondere Sensitivität gegenüber dem Anstieg der Tide- und Sturmflutwasserstände sowie den in den nordwest2050-Klimaszenarien abgebildeten Veränderungen des Niederschlagsregimes auf (Abnahme von Sommer- und Zunahme von Winterniederschlägen sowie Starkregenereignissen). Der Klimawandel kann im Küsten- und Ästuarbereich

daher insbesondere in den Bereichen Küstenschutz, Wassermanagement im Deichhinterland und Biodiversitäts- bzw. Naturschutz zu den in Tabelle 12 dargestellten potenziellen Auswirkungen und daraus resultierenden raumwirksamen Anpassungserfordernissen führen (s. dazu auch Kap. 4.3, Kap. 4.4, Kap. 4.6 und Kap. 4.11). Darüber hinaus werden sich durch den klimaschutzbedingten Ausbau der Windenergienutzung zusätzliche Flächenansprüche und – für den Fall, dass die verbesserte thermische Eignung der MPR HB-OL zu einer Zunahme der Touristenzahlen führt – möglicherweise auch im Bereich Tourismus raumwirksame Anpassungserfordernisse ergeben (s. dazu auch Kap. 4.10).

Tabelle 12: Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels, für die räumlich wirkende (raumwirksame) Anpassungserfordernisse erforderlich werden könnten und Flächenbedarfe für Maßnahmen zum Klimaschutz im Küsten- und Ästuarbereich der MPR HB-OL.

Sektor	potenzielle Auswirkungen	raumwirksame Anpassungserfordernisse
Küstenschutz	Einschränkungen der Regulationsfunktion natürlicher Küstenschutzelemente infolge eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs; Zunahme der Versagenswahrscheinlichkeit von Küstenschutzbauwerken und des Sturmflutschadensrisikos in deichgeschützten Bereichen aufgrund höherer Sturmflutwasserstände;	Sicherung und Freihaltung des für Deicherhöhungen/-verstärkungen erforderlichen Raumbedarfs (Vergrößerung der Deichaufstandsfläche); Sicherung und Freihaltung von Flächen für potenzielle zukünftige Maßnahmen eines raumbezogenen Küstenschutzsystems (z. B. Korridore für 2. Deichlinien, Bereiche für Sturmflutentlastungspolder bzw. partielle Rückdeichungen); Sicherung von Flächen für den Kleiabbaubau;
Wassermanagement im Deichhinterland	steigender Entwässerungsbedarfs im Winter und nach Starkregenereignissen; erhöhter Zuwässerungsbedarfs im Sommer; Einschränkung der Zuwässerungsmöglichkeiten aus der Unterweser aufgrund der Verlagerung der Brackwasserzone stromaufwärts;	Ausbau von Gewässerquerschnitten zur Erhöhung der Entwässerungskapazität; Schaffung von Möglichkeiten zur (Zwischen-)Speicherung von Niederschlagswasser (z. B. Polderflächen); Verbesserung der Wasserrückhaltefunktion von Ökosystemen (z. B. Wiedervernässung geeigneter Bereiche);
Biodiversitäts- und Naturschutz	Verlust wertvoller Watt- und Vorlandflächen aufgrund von Küstenerosion bzw. dauerhafter Überflutung infolge des Meeresspiegelanstiegs („squeeze“-Effekt);	Wiederherstellung dynamischer Übergangsräume zwischen Land und Meer (z. B. Öffnung von Sommerdeichen, tidebeeinflusste Polder, partielle Deichrückverlegungen);
Tourismuswirtschaft	mögliche Zunahme der Touristenzahlen bei Nutzung der sich bietenden Chancen des Klimawandels (insb. Zunahme der thermischen Eignung);	erhöhter Raumbedarf für touristische Infrastrukturen (z. B. Ferienhauseinrichtungen, Campingplätze, Badepolder, Indoor-Angebote, Verkehrsinfrastruktur);
Windenergienutzung (Energiewirtschaft)	klimaschutzbedingter Ausbau der Windenergienutzung im Küstenbereich und Offshore;	erhöhter Raumbedarf für Windenergieanlagen und die Übertragungsnetzanbindung der Offshore-Windparks;

Konfliktkonstellationen

Die bereits heute bestehenden vielfältigen Zielkonflikte und Flächennutzungskonkurrenzen im Küsten- und Ästuarbereich der MPR HB-OL zwischen Küstenschutz, Wassermanagement, Naturschutz, Landwirtschaft, Tourismuswirtschaft, Hafenwirtschaft, Industrie und Gewerbe sowie der verkehrs- bzw. energieinfrastrukturellen und städtebaulichen Entwicklung werden sich durch die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels und die damit einhergehenden raumwirksamen Anpassungserfordernisse aufgrund folgender Problemsituationen erheblich verschärfen:

- Die klimawandelbedingt erforderliche Erhöhung und Verstärkung der Hauptdeiche, die durch den in den Generalplänen Küstenschutz „Niedersachsen/Bremen – Festland“

und „Niedersachsen – Ostfriesische Inseln“ enthaltenen „Klimawandel-Zuschlag“ für die Deichhöhenbemessung eingeleitet wurde, geht mit einer Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen einher, die zum einen aus der Verbreiterung der Deichaufstandsfläche und zum anderen aus der erforderlichen Gewinnung von deichbaufähigem Klei resultiert. Dies wird zu verstärkten Flächennutzungskonkurrenzen zwischen den Belangen des Küstenschutzes und anderen Nutzungen, wie z. B. Siedlungs-, Gewerbe- und Industrieflächenentwicklung, Infrastrukturausbau (Verkehrswege, Hafenanlagen etc.), Naturschutz, Landwirtschaft und Tourismus führen. Potenzielle zukünftige Strategien und Maßnahmen eines klimawandelangepassten Küstenschutzes (2. Deichlinien, Sturmflutentlastungspolder oder partielle Rückdeichungen an der Unterweser etc.) könnten zudem eine noch weitaus stärkere Raumbeanspruchung mit sich bringen.

- Aufgrund der seit Jahrhunderten betriebenen Küstenschutzmaßnahmen (Bau von Deichen, Deckwerken, Buhnen, Lahnungen usw.) hat sich in der heutigen MPR HB-OL eine starre Küstenlinie herausgebildet, die die natürliche Entwicklung in Richtung einer Ausgleichsküste weitgehend unterbindet. Dies kann in den sensiblen Ökosystemen von Wattenmeer und Weserästuar dazu führen, dass durch dauerhafte Überflutung und Erosion – resultierend aus dem Meeresspiegelanstieg bzw. den Wasserstandsänderungen – hochspezialisierte Lebensräume mit salzwassertoleranten Tier- und Pflanzenarten verloren gehen (sog. „squeeze“-Entwicklung). Den wahrscheinlichen klimawandelbedingten Verlusten von ökologisch wertvollen Deichvorlandflächen stehen zudem die Nutzungsansprüche seitens des Tourismus, der Hafenwirtschaft und seeschiffahrtsgebundenen Industriebetriebe, der Offshore-Windpark-Anbindung, der Landwirtschaft sowie der zunehmend auch im Außendeichsbereich durchgeführten Kleigewinnung gegenüber. Es ist daher absehbar, dass sich die bestehenden Zielkonflikte und Flächennutzungskonkurrenzen zwischen den Belangen des Biodiversitäts- und Naturschutzes und anderen Nutzungen im Deichvorlandbereich verschärfen werden. Zusätzliche Flächenbedarfe und damit einhergehende Konfliktsituationen würden sich insbesondere auch dann ergeben, wenn der klimawandelbedingten „squeeze“-Entwicklung des Wattenmeeres und der Deichvorländer durch eine teilweise Verlagerung der Küstenlinie landeinwärts (z. B. durch Rückdeichung oder partielle Öffnung von Sommer- oder Hauptdeichen) begegnet werden soll.
- Aufgrund der klimawandelbedingten Veränderungen der Niederschlagsverteilung und den Anstieg der Tidewasserstände in Nordsee, Jadebusen und Unterweser muss das der Ent- und z. T. auch der Zuwässerung dienende Wassermanagementsystem der deichgeschützten Niederungsgebiete der MPR HB-OL angepasst werden. Dabei könnte es erforderlich bzw. sinnvoll sein, die Anpassungsbemühungen nicht nur auf die technischen Aspekte (Vergrößerung von Gewässerquerschnitten, Steigerung der Pumpkapazitäten) zu konzentrieren, sondern auch alternative Lösungen wie die Erweiterung der Zwischenspeicherungsmöglichkeiten von Niederschlagswasser, z. B. durch die Errichtung von Polderflächen oder die (Wieder-)Vernässung von Mooren und besonders tief liegenden Bereichen, in Erwägung zu ziehen. Auf diese Weise könnte anfallendes Niederschlagswasser temporär zurückgehalten und zeitversetzt abgegeben (im Idealfall über freien Sielzug und ohne zusätzlichen Einsatz von Pumpen) bzw. genutzt werden (z. B. zur Zuwässerung während zukünftig stärker ausgeprägter sommerlicher Trockenperioden). Derartige raumbezogene Anpassungsmaßnahmen des Wassermanagementsystems würden allerdings zu Flächennutzungskonkurrenzen mit anderen Raumnutzungen in den Küstenniederungen führen. Insbesondere der Landwirtschaft könnten nutzbare Flächen verloren gehen; auf der anderen Seite würde sie von der Wasserspeicherung in der Landschaft aber auch profitieren können (s. u.).
- Der mit dem Klimawandel möglicherweise einhergehende Bedeutungszuwachs der Tourismuswirtschaft in den Küstenbereichen der MPR HB-OL kann zu einem Anstieg der Urlaubsgäste und einem Ausbau der touristischen Infrastruktur führen (z. B. Ferienhauseanlagen, Campingplätze, Badepolder, Indoor-Angebote, Verkehrsinfrastruktur). Daraus können wiederum Zielkonflikte mit dem Biodiversitäts- und Naturschutz insbesondere im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (touristische Nutzung vs. ungestörte Naturentwicklung) sowie Flächennutzungskonkurrenzen mit dem Küstenschutz resultieren.

- Durch den Klimaschutzbedingten Ausbau der Windenergienutzung und die Anbindung der Offshore-Windparks an das Übertragungsstromnetz kann es im Küstenbereich zudem zu Zielkonflikten und Flächennutzungskonkurrenzen mit den Belangen des Küsten- und Naturschutzes sowie der Tourismuswirtschaft kommen.

Synergieeffekte

Synergetische Effekte zur Bewältigung bzw. Reduzierung der beschriebenen Zielkonflikte und Flächennutzungskonkurrenzen im Küsten- und Ästuarbereich der MPR HB-OL, sowohl unter Klimawandelbedingungen als auch für die heutigen Konfliktkonstellationen, können durch den Ansatz des **Integrierten Küstenzonenmanagements** (IKZM) erzielt werden, da hier die verschiedenen Interessen und Belange im Küstenraum integriert betrachtet und abgewogen werden sollen (s. a. Kap. 4.4). Der nationalen IKZM-Strategie zufolge ist IKZM kein eigenständiges formales Planungs- und Entscheidungsinstrumentarium, sondern ein vom Nachhaltigkeitsprinzip geleiteter informeller Prozess, der als Leitbild alle Planungs- und Entscheidungsbereiche durchdringen und zur integrierten Identifikation von Entwicklungsmöglichkeiten und Konfliktpotenzialen sowie zur Konfliktlösung in der Küstenzone beitragen soll. Unter IKZM ist demnach die koordinierte Anwendung von vorhandenen Instrumenten, wie z. B. rechtlichen und wirtschaftlichen Instrumenten, freiwilligen Vereinbarungen, technologischen Lösungen, Forschung und Bildung zu verstehen. Neben dem Verständnis als Planungs- und Entscheidungsverfahren bzw. -prozess kann IKZM auch als Philosophie des ‚ganzheitlichen Denkens‘ verstanden werden, das die partizipative Entwicklung gemeinsamer, von allen Institutionen und Interessengruppen getragener Visionen und Zukunftsvorstellungen für den Küstenraum ermöglicht. Dabei sollen laut nationaler IKZM-Strategie ausdrücklich die Auswirkungen des Klimawandels auf die Küstenzone berücksichtigt werden. Obwohl der IKZM-Gedanke mittlerweile auch im Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen verankert ist (s. Kap. 4.11), ist dennoch kritisch anzumerken, dass die IKZM-Leitvorstellungen keineswegs in voller Konsequenz bei allen raumbezogenen Planungen im Küstenraum Beachtung finden. Dennoch können hier Synergieeffekte auch für die notwendig werdende Klimaanpassung genutzt werden.

Synergieeffekte und Potenziale für eine nachhaltige und klimawandelangepasste Küstenregion liegen des Weiteren im Konzept der **multifunktionalen Küstenschutzzone**, das die Verknüpfung raumbezogener Küstenschutzstrategien mit anderen Raumnutzungen vorsieht. Synergien entstehen insofern, da einerseits die klimawandelbedingt höheren Anforderungen an die Sicherheit der Küstenschutzsysteme gewährleistet werden können, andererseits aber andere Nutzungsformen und -möglichkeiten nicht ausgeschlossen sondern integriert werden. Beispiele für solche multifunktionale Nutzungen von Küstenräumen hat das EU-Interreg-IIIB-Projekt „Combined Functions in Coastal Defence Zones“ (ComCoast) entwickelt und zusammengestellt (s. Abbildung 20: graduelle Übergangszonen zwischen Meer und Land). Ziel war die Verbindung der Strategien eines raumbezogenen Küstenschutzsystems mit den Zielen des Naturschutzes und den Nutzungsansprüchen von Landwirtschaft und Tourismus. Auch das von der Michael Otto Stiftung vorgestellte „Zukunftsbild für eine klimasichere Wattenmeerregion“ (Michael Otto Stiftung 2010) verfolgt die Idee einer neu zu schaffenden multifunktionalen Übergangszone in der Küstenlandschaft. Der Übergang vom Meer zum Land wird dabei durch das dynamische Wattenland, das flexible Lagunenland und das regulierte Marschenland geschaffen. In Betracht gezogene Küstenschutzoptionen sind Deichöffnungen und Anlage von Tidelagunen, Überlaufsicherung der Deiche und Flutpolder sowie Superdeiche und Anlage von Warften. Zusätzlich sind als geeignete Optionen, die der Unterstützung und Zulassung der natürlichen Dynamik dienen, Sandvorspülungen, Dynamik zulassende Inselentwicklung und Sedimenteintragsunterstützung sinnvoll (weitere Details in Michael Otto Stiftung 2010). Die Übergangszone kann einerseits als Element eines raumbezogenen Küstenschutzsystems fungieren und andererseits als Natur- und Wasserlandschaft, für Tourismus- und Freizeitnutzungen, zur landwirtschaftlichen Produktion (z. B. durch den Anbau von salzwassertoleranten Pflanzenarten oder Aquakulturen) und zur Gewinnung erneuerbarer Energien genutzt werden und – bei angepasster Bauweise – auch Siedlungszwecken dienen.

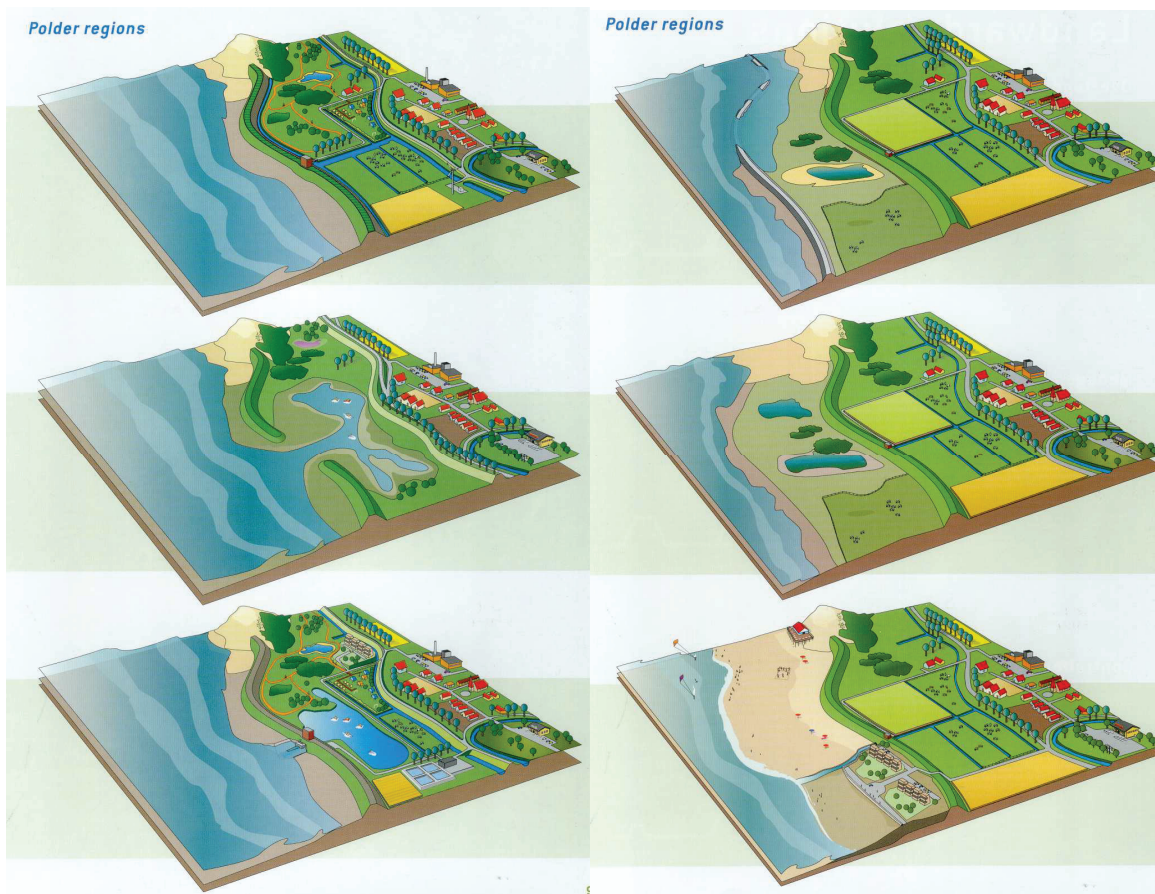


Abbildung 20: Graduelle Übergangszonen zwischen Meer und Land. Links: landwärtige Optionen, von oben nach unten: Verteidigen und Wassermanagement, Deichöffnung, Polder und pumpen. Rechts: seewärtige Optionen (Binnenlandnutzung gleichbleibend), von oben nach unten: Vordeichen, Umlagern, Vorspülen (aus ComCoast 2007).

Den durch die Zunahme der Mengenanforderungen an Klei hervorgerufenen Flächennutzungskonkurrenzen kann durch ein integriertes **Kleiabbaumanagement** zur vorsorgenden Sicherung von Kleivorkommen im Küstenraum begegnet werden. Eine Übersicht über sog. Kleisuchbereiche ist bereits im „Raumordnungskonzept für das niedersächsische Küstenmeer“ enthalten. Synergien könnten dann entstehen, wenn in einem solchen integrierten Management auch Konzepte für eine Folgenutzung von Kleientnahmegebieten entwickelt werden (z. B. für Naturschutz, Tourismus, Freizeit/Erholung).

5.3.2 Ländlicher Raum

Auswirkungen des Klimawandels und raumwirksame Anpassungserfordernisse

Der ländliche Raum in der MPR HB-OL dient neben seiner Nutzung zur Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte der Bereitstellung einer Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen (z. B. Bereitstellung von Primärproduktion, Trink- und Brauchwasserdargebot, natürlichen Boden- und Freiraumfunktionen zur Klimaregulation, Wasserrückhaltung und -speicherung sowie Grundwasserneubildung, Lebens- und Aufwuchsräumen für wildlebende Tier- und Pflanzenarten, Landschaftserleben für Einheimische und Touristen). Sowohl die landwirtschaftliche Nutzung des ländlichen Raums als auch die Bereitstellung der Ökosystemdienstleistungen werden durch die in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien projizierten Veränderungen der Klimaparameter Temperatur, Niederschlag und klimatische Wasserbilanz beeinflusst. Neben den direkten klimatischen Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen und ökosystemaren Dienstleistungen geht der Klimawandel in den ländlichen Räumen zudem mit zusätzlichen Landnutzungsansprüchen einher, die zum einen aus dem aus Klimaschutzgründen forcierten Anbau von Energiepflanzen und zum anderen aus der Notwendigkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen z.

B. in den Bereichen Biodiversitäts- bzw. Naturschutz, Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz resultieren. Eine Übersicht über potenzielle Auswirkungen des Klimawandels in den ländlichen Räumen der MPR HB-OL und damit verbundene raumwirksame Anpassungserfordernisse gibt die Tabelle 13 (s. dazu auch Kap. 4.3, Kap. 4.6, Kap. 4.7, Kap. 4.8 und Kap. 4.11).

Tabelle 13: Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels, für die räumlich wirkende (raumwirksame) Anpassungserfordernisse erforderlich werden könnten und Flächenbedarfe für Maßnahmen zum Klimaschutz im ländlichen Raum der MPR HB-OL.

Sektor	potenzielle Auswirkungen	raumwirksame Anpassungserfordernisse
Biodiversitäts- und Naturschutz	Veränderung der Standortbedingungen von Lebensräumen und der geografischen Verbreitung von Arten infolge veränderter Klimaparameter (z. B. Temperaturen, Niederschlags- und Abflussregime, klimatische Wasserbilanz);	Unterstützung der natürlichen Anpassungsfähigkeit; Sicherung und Ausbau eines Biotopverbundsystems; Renaturierung von Fließgewässern (z. B. Wiederanbindung von Altarmen, Schaffung von Auenbereichen); (Wieder-)Vernässung von Mooren und Feuchtgebieten;
Wasserwirtschaft und Binnenhochwasserschutz	Einschränkungen des sommerlichen Wasserangebots aufgrund der sich verschlechternden klimatischen Wasserbilanz; Zunahme der Überschwemmungsrisiken aufgrund stärkerer Binnenhochwasserereignisse;	Umsetzung angepasster, den Wasserrückhalt und die Grundwasserneubildung fördernder Landnutzungsformen; Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserrückhaltes in der Landschaft; Sicherung und Rückgewinnung von Überschwemmungsflächen und Retentionsräumen;
Energiepflanzenanbau (Energiewirtschaft)	klimaschutzbedingter Ausbau der Biomassenutzung zur Erzeugung von Strom, Wärme und Biokraftstoffen; klimaschutzbedingte Umstrukturierung in der Energieproduktion;	Bereitstellung von Anbauflächen für Energiepflanzen; Bereitstellung von Flächen für den Netzausbau sowie Energiespeichersysteme;

Konfliktkonstellationen

Zielkonflikte: Die weltweiten Klimaveränderungen haben zu einer europäischen und nationalen Klimaschutzpolitik geführt, in deren Folge u. a. der Ausbau der Biomassenutzung zur Erzeugung von Strom, Wärme und Biokraftstoffen angestrebt wird. Daraus resultieren jedoch z. T. erhebliche Zielkonflikte mit der Sicherung der Nahrungsmittelerzeugung sowie den Erfordernissen der Klimaanpassung z. B. bezüglich des Biodiversitäts- und Naturschutzes und der Sicherung von Wasserressourcen, die sich in den ländlichen Räumen der MPR HB-OL folgendermaßen ausdrücken (s. a. Pfriem & Karlstetter 2010; Gabriel & Meyer 2010):

- Die finanziellen Anreize des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), das u. a. den Betrieb von Biogasanlagen fördert, führen in der MPR HB-OL zu einer erhöhten Nachfrage nach Anbauflächen für Energiepflanzen (insbesondere Mais), was u. a. zu einem deutlichen Anstieg der Pachtpreise für landwirtschaftliche Flächen geführt hat und damit auch die für die Nahrungsmittelproduktion genutzten Flächen betrifft. Die zunehmende Erzeugung energetisch nutzbarer Biomasse steht daher in starkem Konflikt mit den Zielen einer umweltverträglichen Nahrungsmittelproduktion und (weltweiten) Ernährungssicherheit.
- Neben den Konflikten um die Ressource Boden werden zunehmend auch Konflikte um die Ressource Wasser auftreten (z. B. zwischen Landwirtschaft und Grundwasser-, Fließgewässer- bzw. Feuchtgebietsschutz), die durch den klimawandelbedingten Rückgang der sommerlichen Wasserbilanz hervorgerufen und durch den infolge des

verstärkten Energiepflanzenanbaus (Mais) erhöhten Wasserbedarf noch zusätzlich verschärft werden.

- Der Anbau großflächiger Monokulturen (insbesondere Mais) und die mit der Biomassenutzung einhergehende Intensivierung der Landnutzung, die tendenziell zu höheren Düngemittel- und Pestizideinsätzen und entsprechend höheren (starkregenbedingten) Austrägen in Oberflächengewässer und Grundwasser führen kann, stehen dem Leitbild der umweltgerechten Landwirtschaft und den Zielen des Biodiversitäts-, Natur- und Gewässerschutzes entgegen.
- Darüber hinaus wird durch die „Vermaisung“ der Landschaft deren ästhetische Qualität gemindert, was wiederum negative Effekte für die Attraktivität der MPR HB-OL als Tourismusdestination haben kann.

Flächennutzungskonkurrenzen: Die im Rahmen der Untersuchungen des Clusters Ernährungswirtschaft durchgeführte „Bestandsaufnahme: Kriterien zur Regulierung von Flächennutzungskonflikten zur Sicherung der Ernährungsversorgung“ (Pfriem & Karlstetter 2010) hat gezeigt, dass es im Zuge der Klimaschutzbemühungen zu einer weiteren Verschärfung bereits bestehender Flächennutzungskonkurrenzen innerhalb der Landwirtschaft kommen wird, nämlich zwischen der Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln auf der einen Seite und dem Anbau von Energiepflanzen auf der anderen Seite. Gleichzeitig gehen damit auch Probleme hinsichtlich der Nutzungen der nur begrenzt vorhandenen Flächen zur Ausbringung von Reststoffen – d. h. zur Ausbringung von Gülle aus Tierhaltungsbetrieben einerseits bzw. von Gärsubstraten aus Biogasanlagen andererseits – einher. Insbesondere in den so genannten Veredelungsregionen (Regionen mit hohem Tierbesatz), zu denen große Teile der ländlichen Räume der MPR HB-OL zählen, führt der durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geförderte Ausbau der Biomasseproduktion aufgrund des damit einhergehenden Anstiegs der Pacht- und Futtermittelpreise und der zusätzlichen Nährstoffüberschüsse zu erheblichen Konflikten zwischen ernährungs- und energiewirtschaftlichen Zielen für die Flächennutzung. So werden schon heute ca. 12% der insgesamt etwa 432.000 Hektar Ackerflächen in der MPR HB-OL für den Energiepflanzenanbau genutzt (davon rund die Hälfte allein in den Landkreisen Diepholz und Cloppenburg; s. Gabriel & Meyer 2010). Seit 2004 sind mehr als 600 Biogasanlagen ans Netz gegangen und mittlerweile wird 6% des niedersächsischen Strombedarfs durch Biogas gedeckt (Karlstetter 2010; Nds. MELVL 2010).

Dabei muss sich der ländliche Raum nicht nur dem Problem von Flächennutzungskonkurrenzen durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien stellen. Die Region ist nach wie vor auch ein wichtiger Standort konventioneller Energieproduktion und der dem Energiesektor vor- und nachgelagerter Infrastrukturen. Vor dem Hintergrund der aktuellen energiepolitischen Entwicklungen (Ausbau der Offshore-Windenergie, Integration erneuerbarer Energien, Ausbau großräumiger Verbundsysteme usw.) wird die Region ihre wichtige Position innerhalb des nationalen und europäischen Energiesystems sogar noch ausbauen können. Der Begriff der „Energiewirtschaften“ wird damit zukünftig immer mehr das Bild der Region umschreiben (Scheele & Oberdörffer 2011).

Die aus dem Klimawandel resultierenden Anpassungserfordernisse werden zudem zu einer Verschärfung bereits bestehender Flächenkonkurrenzen zwischen Landwirtschaft und Naturschutz führen. Bereits heute beträgt der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche in den Landkreisen der MPR HB-OL zwischen 65 und 80% (s. Schuchardt et al. 2011). Durch die zunehmende Bedeutung des Energiepflanzenanbaus wird sich der Nutzungsdruck auf potenziell landwirtschaftlich nutzbare Flächen weiter erhöhen, so dass möglicherweise auch brachliegende oder bisher extensiv genutzte Flächen einer landwirtschaftlichen Intensivnutzung zugeführt werden. Die steigenden Flächenansprüche seitens der Landwirtschaft können zu einer Kollision mit den Flächenbedarfen für den Biodiversitäts- und Naturschutz führen, die sich durch den Klimawandel ebenfalls erhöhen könnten (z. B. für den Ausbau des Biotopverbunds, die Renaturierung von Fließgewässern oder die Wiedervernässung von Mooren und Feuchtgebieten). Auch der Flächenbedarf möglicher raumwirksamer Anpassungserfordernisse im Bereich der Wasserwirtschaft und des Hochwasserschutzes (z. B. Rückgewinnung von Retentionsräumen, Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserrückhalts in der Landschaft, Förderung eines klimawandelangepassten Wasserressourcen- und Landnutzungsmanagements) kann aufgrund der

damit verbundenen Einschränkungen der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche bzw. der möglichen Restriktionen hinsichtlich der Art der landwirtschaftlichen Nutzung zu Konflikten führen.

Zusätzlich zu den klimawandelbedingten Flächenkonkurrenzen werden in den ländlichen Räumen weiterhin auch bereits vorhandene Flächennutzungsansprüche und -konflikte fortbestehen. So führt die ungebrochen hohe Zersiedelung und Zerschneidung der Landschaft, die z. B. aus der Ausweisung neuer Wohn-, Gewerbe- und Industriegebiete, der Ansiedlung von flächenintensivem Einzelhandel oder dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur (z. B. Verkehrsanbindung des Jade-Weser-Ports, geplante Küstenautobahn A20) resultiert, zur Reduzierung des Anteils landwirtschaftlich nutzbarer Flächen, zur Beeinträchtigung der Kohärenz von Schutzgebieten für den Biodiversitäts- und Naturschutz sowie zu einer erschwerten Umsetzbarkeit von raumwirksamen Anpassungsmaßnahmen zum Schutz vor Hochwasser bzw. von Wasserressourcen.

Als letztes soll nicht unerwähnt bleiben, dass viele der genannten raumwirksamen Anpassungsmaßnahmen mit Naturverbrauch bzw. -beeinträchtigung einhergehen, der meist mit gesetzlich vorgeschriebenen Ausgleichs- oder Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden muss. Details für die Energiewirtschaft bzw. den Energieinfrastrukturen sind in Scheele & Oberdörffer (2011) beschrieben. Dadurch kann sich innerhalb der Region der Druck auf die (ökologisch aufwertbaren) Flächen massiv erhöhen, wenn kompensationspflichtige (Bau-, Infrastruktur-) Vorhaben im gleichen Umfang auch über Flächen kompensiert werden müssen.

Synergieeffekte

Den oben beschriebenen Zielkonflikten und Flächennutzungskonkurrenzen in den ländlichen Räumen kann durch ein **nachhaltiges Landmanagement** begegnet werden, das sowohl die Nutzungsansprüche der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion und Biomasseerzeugung als auch die Belange des Energiesektors sowie des Biodiversitäts-, Natur-, Gewässer-, Boden- und Landschaftsschutzes synergetisch berücksichtigt. Synergieeffekte sind in diesem Zusammenhang insbesondere durch folgende Instrumente oder Ansätze zu erzielen:

- **Nationaler Biomasseaktionsplan:** Um die im Kontext des Energiepflanzenanbaus entstehenden Konflikte und Konkurrenzen um Flächen (s. o.) zu reduzieren, sieht der Nationale Biomasseaktionsplan aus dem Jahr 2009 die verbesserte Erschließung bisher ungenutzter Biomassepotenziale vor (z. B. Nutzung von Restholz, Stroh, Gülle, Bioabfällen oder von Biomasse aus Landschaftspflegemaßnahmen). Zudem soll durch die verstärkte Erzeugung und Nutzung von Wärme zur Optimierung der Biomassenutzung beigetragen werden. Beide Aspekte wurden in Ansätzen bereits in den Neufassungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) berücksichtigt und finden ihren Niederschlag in den einzelnen Vergütungsboni, wie z. B. Technologie-Bonus, Kraft-Wärme-Kopplung-Bonus (KWK-Bonus), Gülle-Bonus und Landschaftspflege-Bonus. Des Weiteren weist der Nationale Biomasseaktionsplan darauf hin, dass Strategien zu entwickeln sind, mit denen der Energiepflanzenanbau besser in ansprechende, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Natur- und Wasserhaushalts sicherstellende Kulturlandschaften integriert werden kann. Dies könnte dadurch unterstützt werden, dass die Standortplanung von Bioenergieanlagen und die Flächennutzung in deren Umfeld besser mit den raumbezogenen Planungsinstrumenten der Landes-, Regional- und Flächennutzungsplanung sowie der landschafts- und agrarstrukturellen Entwicklungsplanung abgestimmt wird.
- **Ökosystemdienstleistungen:** Vielversprechende Optionen und Ansätze im Kontext der Klimaanpassung bestehen vor allem in der Erhaltung bzw. Verbesserung von Ökosystemdienstleistungen (z. B. Bodenfruchtbarkeit, Wasserdargebot, Biodiversität, Landschaftsbild) bzw. der Unterstützung und Erhöhung der natürlichen Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme. Durch die Umsetzung von Maßnahmen zur Erhaltung der funktionalen Vielfalt ökologischer Systeme und ihrer ökosystemaren Dienstleistungen können viele der Auswirkungen klimatischer Veränderungen bewältigt bzw. zumindest abgepuffert werden. In vielen Fällen ergeben sich durch solche Maßnahmen aufgrund ihres Beitrags zum Klimaschutz weitere Synergieeffekte (z. B. Funktion von (wiedervernässten) Feuchtgebieten und Mooren oder klimawandelangepassten Mischwäldern als Kohlenstoffspeicher und -senken).

- **Landbewirtschaftung:** Da die Erhaltung von Ökosystemdienstleistungen wesentlich von der Art und Intensität der Landnutzung abhängt, liegen vor allem in der Förderung einer umweltverträglichen und -schonenden Landbewirtschaftung erhebliche Synergiepotenziale. Seitens der Landwirtschaftskammer Niedersachsen sind Landwirte dazu angehalten, entsprechend der „Leitlinien der ordnungsgemäßen Landwirtschaft“ zu wirtschaften. Diese gelten als Maßstab für die gute fachliche Praxis und enthalten beispielsweise die Forderung nach einer ausgewogenen Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele. Auch der ökologische Landbau wird als eine Form der guten fachlichen Praxis explizit in den Leitlinien genannt. Zwar sind ökologische Landbauverfahren mit geringeren Hektarerträgen verbunden, auf langfristige Sicht wirken sie sich jedoch positiv auf den Erhalt grundlegender Ökosystemdienstleistungen und die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Nutzungen aus, was sich wiederum auch in ökonomischer Hinsicht positiv auswirken kann.
- **Biodiversitäts- und Naturschutz:** Ein wichtiger Beitrag für ein nachhaltiges und klimawandelangepasstes Landmanagement besteht zudem in der Berücksichtigung und Umsetzung von Maßnahmen zum Biodiversitäts- und Naturschutz. Dies umfasst z. B. die Erhaltung, Entwicklung und weitere Vernetzung von Lebensräumen – vor allem im Rahmen der Umsetzung des europäischen Schutzgebietssystems Natura 2000 –, die Bereitstellung hinreichend großer Entwicklungsflächen (Wildnisgebiete), den Erhalt und die Entwicklung naturschutzfachlich wertvoller Fließgewässer, Feuchtgebiete, Moore, Dauergrünländer und naturnaher Wälder, die Erhöhung der Strukturvielfalt in nicht geschützten Landschaftsteilen sowie die Verringerung der Barrierewirkung von intensiv land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen bzw. von Infrastrukturtrassen.
- **Wasser- und Bodennutzung:** Für ein nachhaltiges und klimawandelangepasstes Landmanagement ebenfalls von hoher Relevanz ist der schonende Umgang mit den Ressourcen Wasser und Boden. So kann eine angepasste Art und Intensität der Flächennutzung (reduzierte Bodenversiegelung, standortgerechte Land- und Forstbewirtschaftung, konservierende Bodenbearbeitung usw.) zum Schutz bzw. zur Verbesserung der Bodenfunktionen und des Wasserhaushaltes (Verbesserung des Infiltrationsvermögens, Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit und Grundwasserneubildung) und damit zur langfristigen Erhaltung von für die Landwirtschaft unverzichtbaren Ökosystemdienstleistungen beitragen. Potenziale bestehen in diesem Zusammenhang auch in der Reduzierung des Wasserverbrauchs durch den Einsatz wassersparender Bewässerungs- bzw. Beregnungsverfahren und angepasster Anbaukulturen in der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Speicherung von Niederschlagswasser zur Nutzung in Wassermangelsituationen während der Vegetationsperiode. Von Bedeutung ist zudem die Verringerung diffuser Stoffeinträge in Oberflächengewässer und Grundwasser seitens der Landwirtschaft (z. B. durch Gewässerrandstreifen, umweltfreundliche Gülleausbringung und Düngeverordnung, ökologische Anbauverfahren oder extensive Grünlandnutzung). Synergieeffekte können sich hier aus der Umsetzung der Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie ergeben, die als Zielerreichung einen guten chemischen und ökologischen bzw. mengenmäßigen Zustand von Oberflächengewässern und Grundwässern vorsieht.
- **Energielandschaften:** Im Zuge der Umstrukturierungen des Energiesektors werden neue Rahmenbedingungen für die Funktionsbestimmung und instrumentelle Absicherung der Planung gesteckt. Hier sind sowohl neue Konzepte der effizienten Mehrfachnutzung von Flächen, Reduktion des Flächenverbrauchs als auch neue Planungsinstrumente von Nöten (Scheele & Oberdörffer 2011).

5.3.3 Städtischer Raum

Auswirkungen des Klimawandels und raumwirksame Anpassungserfordernisse

Die städtischen Räume der MPR HB-OL weisen gegenüber dem Klimawandel eine besondere Sensitivität auf, da Menschen, Vermögenswerte und Infrastrukturen in diesen Bereichen konzentriert auftreten und Extremereignisse (z. B. Hitzeperioden, Starkregen, Binnenhochwasser, Sturmfluten) hier ein erhebliches Schadenspotenzial entfalten können. Außerdem führen die stadtklimatischen Effekte dazu, dass die infolge des Klimawandels ansteigenden Temperaturext-

reme in verdichteten Siedlungsbereichen noch einmal zusätzlich verstärkt werden. Der Klimawandel kann in städtischen Räumen insbesondere die in Tabelle 14 aufgeführten potenziellen Auswirkungen und daraus resultierenden raumwirksamen Anpassungserfordernisse hervorrufen (s. dazu auch Kap. 4.1, Kap. 4.3, Kap. 4.4 und Kap. 4.11).

Tabelle 14: Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels, für die räumlich wirkende (raumwirksame) Anpassungserfordernisse im städtischen Raum der MPR HB-OL erforderlich werden könnten.

Sektor	potenzielle Auswirkungen	raumwirksame Anpassungserfordernisse
menschliche Gesundheit (Stadtklima)	<p>stärkere Aufheizung von Siedlungsgebieten und Gebäuden infolge von Hitzeperioden („Hitzeinseleffekt“);</p> <p>negative Einflüsse auf Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit, Gesundheit und Mortalität der (Stadt-)Bevölkerung;</p>	<p>Sicherung klimawirksamer großflächiger Freiräume in funktionaler Beziehung zu städtischen Räumen als Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete sowie Naherholungsräume;</p> <p>Sicherung und Schaffung von klimawirksamen Ausgleichsräumen und Luftaustauschbahnen innerhalb städtischer Räume (z. B. Parkanlagen, Grün- und Wasserflächen);</p>
Siedlungswasserwirtschaft	<p>häufigere Überlastung der Siedlungsentwässerungssysteme infolge von Starkregenereignissen;</p> <p>Gebäude- und Infrastrukturschäden durch lokale Überschwemmungen;</p>	<p>Freihaltung von Flächen für die Versickerung, Rückhaltung und Abführung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten;</p> <p>Reduzierung des Versiegelungsgrads in Siedlungsgebieten;</p>
Binnenhochwasser- bzw. Küstenschutz	<p>erhöhte Versagenswahrscheinlichkeit von Hochwasser- bzw. Küstenschutzbauwerken infolge höherer Hochwasserabflüsse und Sturmflutwasserstände;</p> <p>Sachschäden, Wertschöpfungsverluste und u. U. Auswirkungen auf Leib und Leben der (Stadt-)Bevölkerung;</p>	<p>Freihaltung von Flächen für den Ausbau des technischen Hochwasserschutzes (Deiche, Dämme, Hochwasserschutzwände, Rückhaltebecken etc.);</p> <p>Sicherung von Überschwemmungsgebieten;</p> <p>Freihaltung und Rückgewinnung von Retentionsraum;</p>

Konfliktkonstellationen

Zielkonflikte: Bisher wurde die Debatte über eine nachhaltige und klimagerechte Stadtentwicklung in erster Linie unter Klimaschutzaspekten geführt und daher durch das städtebauliche Leitbild der „kompakten (europäischen) Stadt“, der eine flächen-, energie- und verkehrssparende Wirkung zugewiesen wird, dominiert. Doch vor dem Hintergrund der Diskussion um die Notwendigkeit stadtklimatischer und siedlungswasserwirtschaftlicher Klimaanpassungserfordernisse rücken zunehmend die Zielkonflikte zwischen einer kompakten und damit emissionsmindernden Siedlungsentwicklung einerseits und der Gewährleistung einer ausgewogenen Freiflächenentwicklung innerhalb der Siedlungsstruktur andererseits in den Blickpunkt. So sind beispielsweise die hohen innerstädtischen Siedlungsdichten der „kompakten Stadt“ unter Klimaanpassungsgesichtspunkten deshalb kritisch zu bewerten, weil sie sich z. B. negativ auf die Durchlüftung der Siedlungsbereiche oder die Schaffung von Möglichkeiten zur Niederschlagswasserversickerung auswirken können.

Flächennutzungskonkurrenzen: Den in Tabelle 14 skizzierten Flächenansprüchen durch raumwirksame Anpassungserfordernisse stehen im städtischen Raum eine Vielzahl anderer Nutzungsansprüche an die Ressource Fläche gegenüber. So führen z. B. kommunale Entwicklungsinteressen, wie die Ausweisung von Wohnbauflächen und die Ansiedlung von Gewerbe- und Industriebetrieben, aber auch der Ausbau der Infrastruktur nach wie vor zu einer starken Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung, die dem angesichts des Klimawandels an Bedeutung gewinnenden Freiraumschutz entgegenstehen. Zusätzlich verstärkt wird dies durch die im Vergleich zu anderen Zielsetzungen (z. B. wirtschaftliche Belange) schwache Stellung des Freiraumschutzes, die sich u. a. darin ausdrückt, dass das – sowohl in der nationalen und niedersächsischen Nachhaltigkeitsstrategie sowie im Raumordnungs- und Bauplanungsrecht – ausgegebene Ziel einer Reduktion der Flächeninanspruchnahme bislang nur unzureichend verwirklicht werden konnte.

Insbesondere in innerstädtischen Quartieren, in denen die Erhaltung und Schaffung von Grünflächen sowohl aus stadtklimatischen als auch aus siedlungswasserwirtschaftlichen Gründen besonders sinnvoll erscheint, sind starke Flächennutzungskonkurrenzen zu erwarten. Vorhandene bzw. entstehende Frei- und Brachflächen bzw. Baulücken werden hier aufgrund des hohen Verwertungsdrucks (hohe Grundstückspreise) und aus Gründen der bauplanungsrechtlich geforderten Nachverdichtung und Innenentwicklung in vielen Fällen einer baulichen (Wieder-) Nutzung zugeführt und gehen damit als potenzielle Frei-/Grünflächen zur Erfüllung der skizzierten Klimaanpassungserfordernisse im städtischen Raum verloren.

Neben den aus stadtklimatischen bzw. siedlungswasserwirtschaftlichen Anpassungserfordernissen resultierenden Flächennutzungskonkurrenzen können sich im städtischen Raum auch aus den erforderlichen Anpassungsmaßnahmen des Binnenhochwasser- bzw. Küstenschutzes Konflikte ergeben. Zum einen wird der Ausbau von technischen Hochwasser- bzw. Küstenschutzbauwerken mit Flächenansprüchen einhergehen (die z. B. aus der Verbreiterung der Deichaufstandsfläche resultieren), zum anderen müssen aufgrund einer klimawandelbedingten Zunahme von Hochwasserabflüssen zukünftig möglicherweise größere Überschwemmungsgebiete und Retentionsräume freigehalten werden. Beides kann mit bereits bestehenden Nutzungen im städtischen Raum und mit städtebaulichen Entwicklungsplanungen kollidieren.

Synergieeffekte

Der Problematik von Zielkonflikten zwischen einer Klimaschutz- bzw. klimaanpassungsgerechten Stadtstruktur sowie von klimawandelbedingten Flächennutzungskonkurrenzen im städtischen Raum kann durch eine **integrierte Stadtentwicklung** begegnet werden, bei der Klimaanpassungs- und Klimaschutzerfordernisse sowohl untereinander als auch mit anderen langfristigen Zielvorstellungen der kommunalen Entwicklung (z. B. in wirtschaftlicher, sozialer und städtebaulicher Hinsicht) abgestimmt und verknüpft werden. Im Sinne einer ganzheitlichen Strategie, die sowohl Aspekte des Klimaschutzes als auch der Klimaanpassung berücksichtigt, wäre z. B. das Leitbild der „Kompakten Stadt“ (s. o.) nur dann geeignet, wenn es gleichzeitig mit einem Freiraumstrukturkonzept verbunden wird, welches die Inanspruchnahme von Freiflächen zur Siedlungsentwicklung begrenzt, das Maß an Versiegelung möglichst gering hält und eine Vielzahl kleinerer, untereinander vernetzter Grünflächen und -strukturen gewährleistet. In ein solches Konzept könnten auch Bereiche einbezogen werden, die möglicherweise zukünftig für Rück- und Umbaumaßnahmen zur Verfügung stehen (z. B. aufgrund von industriellem/strukturellem oder demografischem Wandel frei werdende Flächen). Potenziale und Synergien für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung liegen insbesondere in der integrierten bzw. multifunktionalen Nutzung und Gestaltung städtischer Räume, für die hier einige Beispiele angeführt werden sollen:

- Für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung ist insbesondere die **Steigerung des Vegetationsanteils** von Bedeutung, da hierdurch positive stadtklimatische Effekte erzielt und sommerliche Hitzebelastung reduziert werden können. Dies kann nicht nur durch die Erhaltung und Schaffung vegetationsbestandener Freiflächen (z. B. Parkanlagen), sondern auch durch Maßnahmen im baulichen Bestand erreicht werden. So kann beispielsweise durch Anpflanzungen von Bäumen im Straßenraum, auf Parkplätzen oder an Haltestellen sowie durch Begrünung von öffentlichen und privaten Grundstücken das Mikroklima verbessert und die Aufenthaltsqualität im städtischen Raum gesteigert werden. Auch Dach- und Fassadenbegrünungen bieten bisher vielfach ungenutzte Potenziale für die Schaffung von Grünflächen innerhalb von verdichteten Siedlungsgebieten.
- Ein weiterer wichtiger Synergieeffekt besteht in der **Umsetzung eines angepassten Niederschlagswassermanagements**, mit dem einer klimawandelbedingten Zunahme von Starkregenereignissen begegnet werden kann. Da insbesondere in verdichteten Siedlungsgebieten oftmals keine ausreichende Flächenverfügbarkeit für die Errichtung von Regenrückhaltebecken oder flächenhafte Versickerungsanlagen vorhanden ist, gilt es auch hier integrierte und multifunktionale Lösungen zu finden, die z. B. in der Nutzbarmachung bestimmter Flächen zur temporären Speicherung und Ableitung von Niederschlagswasser bestehen können. So können beispielsweise Sportplätze, Parkanlagen oder Parkplätze so gestaltet werden, dass sie bei Starkregenereignissen kurzzeitig

als Retentionsfläche fungieren können. Auch Straßen können z. B. durch den Einbau erhöhter Bordsteine als temporäre Wasserspeicher und Notwasserwege ausgebaut werden. Eine weitere Möglichkeit der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung in stark verdichteten Siedlungsräumen besteht in der Nutzung der Retentionspotenziale von Gebäuden, z. B. durch Rückhaltung von Niederschlagswasser auf Grün- und Wasserdächern oder Speicherung in Zisternen bzw. Wasserkellern.

- Synergieeffekte für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung liegen insbesondere in der **Reduzierung des Versiegelungsgrads** in städtischen Gebieten, da sich dies sowohl positiv auf das Stadtklima (geringere Aufheizung) als auch auf die Siedlungswasserwirtschaft (erhöhte Rückhaltung, Versickerung- und Verdunstung von Niederschlagswasser) auswirkt. Neben der konsequenten Reduzierung der Bodenversiegelung auf das notwendige Maß kann dabei auch der Einsatz durchlässiger Oberflächenbeläge (z. B. Rasengittersteine) einen Beitrag leisten. Synergieeffekte sind zudem durch **Dachbegrünungen** zu erreichen, da sie aufgrund ihrer Wärmeregulierungs- und Wasserspeicherungsfunktion sowohl zur Abschwächung von Hitzebelastungen als auch zur Rückhaltung von Starkregen beitragen können (s. o.).
- Auch im Bereich des **Hochwasser- bzw. Küstenschutzes** können integrierte und multifunktionale Ansätze einen Beitrag zur Reduzierung von Flächenkonkurrenzen mit bestehenden Nutzungen im städtischen Raum bzw. mit der städtebaulichen Entwicklung leisten. So konnte beispielsweise im Rahmen des Forschungsprojektes „Urban Flood Management Hamburg“ veranschaulicht werden, dass durch die Kombination verschiedener Maßnahmen (z. B. in die bestehende Bebauung eingepasste (mobile) Schutzelemente, Errichtung sog. Deichhäuser, Einbindung von erhöht errichteten Verkehrsinfrastrukturen in das Schutzsystem) im städtischen Raum sogar die Umsetzung eines gestaffelten Hochwasserschutzsystems möglich wäre. Weitere Potenziale zur Verringerung von Flächennutzungskonkurrenzen liegen in speziellen Objektsicherungsmaßnahmen und hochwasserangepasster Bauweise (z. B. auf Wurzeln oder Stelzen errichtete Gebäude, (auf-)schwimmende Häuser), die eine multifunktionale Nutzung von Überschwemmungs- und Retentionsbereichen ermöglichen könnten.

5.3.4 Fazit zu den Konflikten und Synergien

Für die Räume im Küsten- und Ästuarbereich der MPR HB-OL erscheint die Bewältigung bzw. Reduzierung von Zielkonflikten und Flächennutzungskonkurrenzen und die Schaffung synergetisch wirkender Effekte insbesondere durch den Ansatz des Integrierten Küstenzonenmanagements (IKZM) erreichbar. Sowohl unter Klimawandelbedingungen als auch für die heutigen Konfliktkonstellationen könnten hier innovative Konzepte der multifunktionalen Küsten- bzw. Übergangszonen partizipativ diskutiert und Möglichkeiten der Umsetzung unterstützt werden. Die verschiedensten Interessen und Belange der Landnutzer im Küstenraum finden so eine integrierte Betrachtung und werden einem Abwägungsprozess, der auch die klimawandelbedingten Risiken und Chancen (s. a. Kap. 6.2) berücksichtigt, zugänglich.

Die Umsetzung von nachhaltigen Landnutzungs- und Klimawandelanpassungsstrategien in den ländlichen bzw. landwirtschaftlich geprägten Räumen ist ebenfalls mit der Notwendigkeit verbunden, konfliktive Zielsetzungen in Einklang zu bringen (z. B. sich überlagernde Flächen- und/oder Ressourcenbeanspruchungen). Daher kommt der Partizipation und Vernetzung von bzw. zwischen den Akteuren sowie der Kommunikation konfliktiver Prozesse und dem Austausch von Wissen hier ebenfalls eine Schlüsselfunktion zu. Wie die im Rahmen von ‚nordwest2050‘ durchgeführte Analyse von Pfriem & Karlstetter (2010) ergeben hat, sind die vorhandenen Regulierungs- und Entwicklungsstrukturen für derart querschnittsbezogene Zusammenhänge jedoch nicht ausgelegt. Der Untersuchung zufolge haben Raumordnung und Wirtschaftsförderung als zentrale Akteure der Regionalentwicklung derzeit z. T. nur wenig Einfluss auf die Regulierung von Konfliktlagen. Das liegt u. a. darin begründet, dass auf eigentumsrechtliche Freiheiten durch administrative Planung nur sehr begrenzt Einfluss genommen werden kann. So können beispielsweise Änderungen von Landbewirtschaftungsformen nicht direkt über raumordnerische Festlegungen erreicht werden, da diese keine Bindungswirkung gegenüber privaten Landbewirtschaftern entfalten. Dennoch gehen Pfriem & Karlstetter (2010) davon aus, dass die

Raumplanung/-entwicklung durch die Vermittlung unterschiedlicher Interessenlagen (Naturschutz, Landwirtschaft, Erzeugung regenerativer Energien, raumwirksame Klimaanpassungsmaßnahmen usw.) einerseits und als Informationsschnittstelle zwischen Staat, Unternehmern, Interessenverbänden, Praxisnetzwerken und Forschung andererseits wichtige Kapazitäten bündeln könnte. Die Umsetzung integrativer Konzepte und multifunktionaler Lösungen für den ländlichen Raum erfordert allerdings eine engere und konkretere Kopplung und stellt nicht zuletzt eine Herausforderung an innovative Raumordnungsinstrumente dar (Pfriem & Karlstetter 2010).

Für die städtischen Räume der MPR HB-OL ist ebenfalls eine integrierte Stadtentwicklungsstrategie notwendig, wenn die Zielkonflikte zwischen einer Klimaschutz- und einer klimaanpassungsgerechten Stadtstruktur gelöst sowie die klimawandelbedingten Flächennutzungskonkurrenzen verringert werden sollen. Hier sind insbesondere die Klimaanpassungs- und Klimaschutzanforderungen sowohl untereinander als auch mit anderen langfristigen Zielvorstellungen der kommunalen Entwicklung (z. B. in wirtschaftlicher, sozialer und städtebaulicher Hinsicht) abzustimmen und zu verknüpfen.

Allen drei Raumtypen gemeinsam ist die Abhängigkeit von den bzw. Nutzbarkeit der Ökosystemdienstleistungen, aus der sowohl Konflikte resultieren, als auch Synergien ableitbar sind. In den Küsten- und Ästuarräumen hängt das Konzept der multifunktionalen Küstenzonen ebenso maßgeblich von der Funktions- und Leistungsfähigkeit der Ökosysteme mit ihren für die Gesellschaft bereitgestellten Ökosystemdienstleistungen ab, wie die Strategien und Ansätze eines nachhaltigen Landmanagements im Bereich der ländlichen Räume. Auch in den städtischen Räumen sind die Strategien zur Klimaanpassung von der Erhaltung bzw. der Inanspruchnahme ökosystemarer Dienstleistungen abhängig. Dementsprechend sind alle Klimaanpassungsmaßnahmen und -strategien, die die Bereitstellung der Ökosystemdienstleistungen quantitativ oder qualitativ beeinträchtigen, für spezifische Nutzer dieser Leistungen mit Konflikten behaftet. Im Gegensatz dazu haben alle Maßnahmen oder Strategien, die dem Erhalt oder der verbesserten Inanspruchnahme der Ökosystemdienstleistungen dienen, Nutzen und Vorteile für einen oder mehrere Sektoren und wirken damit synergistisch (häufig auch in Bezug auf Klimaschutzanforderungen; s. a. Kap. 6.2).

5.4 Governance der Region

Heiko Garrelts, Michael Flitner, Kevin Grecksch, Torsten Grothmann, Bernd Siebenhüner, Maik Wings

Die Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel bezieht sich auf das Ausmaß, zu welchem ein Akteur oder – in weitem Verständnis – ein „System“ (z. B. die Metropolregion Bremen-Oldenburg) anfällig gegenüber nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels ist (Bundesregierung 2008; IPCC 2007). Das Projekt ‚nordwest2050‘ folgt dem in der Klimafolgenforschung weit verbreiteten Verständnis, wonach die Verwundbarkeit abhängig ist von der Exposition, der Sensitivität und der Anpassungskapazität des betroffenen Systems (vgl. Bundesregierung 2008; IPCC 2007; Smit & Wandel 2006; Fichter et al. 2010; s. a. Kap. 2).

Während die Exposition vornehmlich naturwissenschaftlich-technisch bestimmbar ist, erfordert die Analyse der Sensitivität und der Anpassungskapazität eine zusätzliche sozialwissenschaftliche Betrachtung; diese Faktoren sind vom Arbeitsbereich Governance (ausschließlich) betrachtet worden. Die Methodik orientiert sich an Ansätzen der qualitativen empirischen Sozialforschung: teilstrukturierte Experteninterviews, Dokumenten- und Sekundäranalyse. Die Auswahl der befragten Experten fokussierte auf die folgenden vier Handlungsbereiche der Metropolregion Bremen-Oldenburg: Küsten- und Binnenhochwasserschutz, Bevölkerungsschutz, Wasserwirtschaft sowie Raum- und Regionalplanung.²³

²³ Die Auswahl der Handlungs- bzw. Funktionsbereiche erfolgte vor dem Hintergrund erster Abschätzungen aus den Expositions- und naturräumlichen Sensitivitätsanalysen von BioConsult (Schuchardt et al. 2010a und 2010b) sowie der in der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS; Bundesregierung 2008) benannten sensitiven Sektoren. Aufgrund dieser Abschätzungen kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei diesen Handlungsbereichen um solche handelt, für die – neben den in den Clustern behandelten Wirtschaftsbereichen – hohe potenzielle Auswirkungen durch den Klimawandel zu

5.4.1 Sensitivität in den Handlungsbereichen

Den Befunden zur Sensitivität in den Handlungsbereichen ist voraus zu schicken, dass die befragten Experten für die aufgeführten potenziellen Klimaveränderungen in den nordwest2050-Klimaszenarien „2050“ und „2085“ (Schuchardt et al. 2010a und 2010b, s. a. Anhang 9.1) nicht die von uns erwarteten quantitativen Sensitivitätseinstufungen abgaben.²⁴ Dennoch zeitigt unsere Untersuchung interessante Befunde. So resultiert Sensitivität nicht allein aus dem an sich bekannten Sachverhalt, dass Menschenleben, die Umwelt, Sachwerte und Infrastrukturen erhebliche Schäden durch Sturmfluten und Hochwasser davon tragen können – wobei es hier sich gegenseitig verstärkende Effekte geben kann. Sensitivität kann auch aus „Auswirkungen zweiter Ordnung“ resultieren, von denen einige quer zu den untersuchten Handlungsbereichen liegen, wie zum Beispiel zunehmende Flächennutzungskonflikte aufgrund von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (s. Kap. 5.3).

Einander verstärkende Effekte – bezogen auf küstennahe Gebiete der MPR und hier insbesondere das Bundesland Bremen – resultieren zum einen aus dem künftig wahrscheinlich häufiger zu erwartenden *Küstenhochwasser* durch Sturmfluten von der Nordsee sowie zum anderen aus dem *Binnenhochwasser* aus der Ober- und Mittelweser (SBU 2003). Zudem können Starkregenereignisse die Siedlungsentwässerung überlasten. Wechselwirkungen und „Aufschaukelungseffekte“ zwischen möglichen Folgen des Klimawandels wären auch für andere Teile der Metropolregion mit weitreichenden Folgen verbunden.²⁵

Komplex stellt sich auch die Sensitivität im *Bevölkerungs- und Katastrophenschutz* dar, wo neben der Betriebsunterbrechung wichtiger Energieversorgung (Strom, Heizung) v. a. die Beeinträchtigung der Gesundheit der Bevölkerung (u. a. Stress, Trauma) einzukalkulieren ist (BBK 2009: 39). Hinzu kommt die potenzielle Eigenbetroffenheit der Einrichtungen und Organisationen im Sinne von Schäden an Liegenschaft und Ausrüstung, Ausfall der eigenen Infrastrukturversorgung, Personalausfall, etc. (Bundesregierung 2008: 44; BBK 2010c). Dies mindert die Kapazität zur Bewältigung zukünftig möglicherweise häufiger und heftiger auftretender wetter- und klimainduzierter Extremereignisse – wobei völlig unklar ist, inwieweit diese dann zu Katastrophen im Sinne der Landeskatastrophenschutzgesetze werden können. Auf dem Spiel stehen in Extremsituationen auch die Glaubwürdigkeit und Legitimation politischer Akteure, wiewohl der mit Situationen der Gefahrenabwehr verbundene Machtzuwachs für Herrschende auch verführerisch sein kann – etwa durch Überzeichnung oder gar Erfindung der Gefahren für die Allgemeinheit (Prittowitz 2007: 162-163).

Über die bekannten Gefährdungen (erhöhter Meeresspiegel, geringere Niederschläge im Sommer, Zunahme der Niederschläge im Winter, etc.) hinaus prognostizieren Experten in der *Wasserwirtschaft* Probleme aus der zunehmend konkurrierenden Grundwasserentnahme (Landwirtschaft vs. Trinkwasserversorgung) und aus Flächennutzungskonflikten bei der Schaffung neuer Retentionsflächen (z. B. Landwirtschaft vs. Hochwasserschutz). Bereits heute sind Flächennutzungskonflikte, die in relevantem Maße auch im Kontext von Klimaschutzaktivitäten (z. B. Biotreibstoffe) stehen, in der Metropolregion offensichtlich (Karlstetter & Pfriem 2010). Hier ist auch ein Verstärken des ebenfalls bereits heute in Teilen erkennbaren Stadt-Land-Konfliktes denkbar. Welche Ausgleichsmechanismen zwischen Landwirten und Städten wie Bremen, die auf einen verbesserten Hochwasserschutz und eine gesicherte Trinkwasserversorgung angewiesen sind, gefunden werden können, ist eine offene Frage. Dabei könnte die Landwirtschaft selbst trotz positiver und negativer Auswirkungen insgesamt profitieren, auch wenn hier weitere Faktoren u. U. einen größeren Einfluss auf die Entwicklung haben (z. B. EU-Agrarpolitik, zunehmende Volatilität der Preise) (Bahrenberg & König 2005; Nds. MUK 2009). Allerdings beeinflusst die Entwicklung der Landwirtschaft wiederum die Klimasensitivität der Region. Eine Intensivierung würde diese

erwarten sind.

²⁴ Von den Experten wurde dies zum Beispiel mit den Unsicherheiten und Bandbreiten in den Szenarien selbst oder mit fehlender eigener Zuständigkeit begründet (ausführlich: Garrelts et al. 2011).

²⁵ Gemeint sind die Landkreise Oldenburg, Wesermarsch und die Stadt Oldenburg. Eine Schließung des Hunte-Sperwerks in Eisfleth für mehr als 24 oder 48 Stunden bei einem Nordsee-Hochwasserereignis könnte zu einem erhöhten Anfall von Oberwasser in der Hunte führen. Wasser würde dann von der Nordsee in die Weser gedrückt werden, während gleichzeitig die Hunte kein Wasser mehr abführen kann. Die Polder im Raum Oldenburg wären rasch gefüllt und kämen an ihre Kapazitätsgrenzen – mit weitreichenden Folgen für die anliegenden Gebiete.

aufgrund geringfügig zunehmender Oberflächenabflüsse und der gegenüber den sich verändernden Standortbedingungen empfindlicheren Biotoptypen Acker und Intensivgrünland tendenziell erhöhen, eine Extensivierung eher verringern (Schuchardt et al. 2005).

Eine wesentliche Herausforderung für die *Raum- und Regionalplanung* sind ganz generell die räumlichen Wirkungen der Klimaveränderungen und damit auch die Wirkungen möglicher Anpassungsmaßnahmen etwa für Retentionsflächen. Hier gelten ebenfalls potenzielle Flächennutzungskonflikte als zentrales Problem, wobei die Herausforderungen gegenwärtige administrative Grenzen überschreiten und eine verstärkte interadministrative Koordination künftig erforderlich machen (s. a. Kap. 4.11).

Weitere aktuelle Aussagen zur Sensitivität finden sich im „Strukturpapier für eine niedersächsische Klimaanpassungsstrategie“ (Nds. MUK 2009). Hier werden im Abschnitt „Herausforderungen“ Sensitivitäten in neun Handlungsbereichen dargelegt, die alle für die Metropolregion relevant sind. Der Bereich Gesundheit ist u. U. in anderen Teilen Niedersachsens akuter, da dort aufgrund des geringeren maritimen Einflusses ein stärkerer Temperaturanstieg erwartet wird. Allerdings werden die Herausforderungen genannt, ohne Schwerpunkte auszumachen (Tabelle 15).

Tabelle 15: Strukturpapier für eine Anpassungsstrategie Niedersachsen (Nds. MUK 2009, eigene Darstellung)

Bereich	Diskutierte Herausforderungen	Lösungsansätze
Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz	Geringere und stärker schwankende Grundwasserneubildung, Niedrigwasser, höhere Temperaturen von Oberflächengewässern, Zunahme der Häufigkeit, Dauer und Intensität von Starkniederschlägen	Berücksichtigung beim Bau von Anlagen zur Ortsentwässerung, Anpassung existierender Anlagen, Ausweisung von Überschwemmungsgebieten, Überprüfung und evtl. Anpassung von Hochwasserschutzanlagen, Verbesserung der Prognose
Küstenschutz	verzögertes oder ausbleibendes Mitwachsen der Watten bei Meeresspiegelanstieg, erhöhter Druck auf Küstenschutzanlagen, Veränderung der Tidewasserstände, der Sturmfluten und der Morphologie des Küstenraums	Vorsorgemaß von 50 cm, eventuelle Ergänzung des linienhaften Hochwasserschutzes um zweite Deichlinie
Bodenschutz	Bodenerosion, Verdichtungsgefährdung der Böden, Verschlammung der Bodenoberfläche (führt zu Verstärkung der Hochwasserereignisse), Senkung des Humusanteils, Freisetzung von organisch gebundenem Kohlenstoff (→ Mitigation)	Landesbodendaten mit den Ergebnissen der regionalen Klimaforschung verknüpfen, um regionale Betroffenheiten zu ermitteln
Naturschutz und Biodiversität	Ausbreitung von wärmetoleranten Arten (Blauracke, Ortolan), Rückgang kältetoleranter Arten (Auerhuhn), Verdrängung durch invasiv wirkende einwandernde Arten, evtl. positive Effekte für anpassungsfähige Arten (Schafstelze, Rotkehlchen)	Maßnahmen des Naturschutzes nutzen und optimieren, insb. Erhaltung, Entwicklung und Vernetzung von Lebensräumen und Lebensstätten, Erfassungsprogramme bspw. zur Bestandsentwicklung und Verbreitung heimischer und einwandernder Arten
Landwirtschaft, Garten- und Obstbau	abnehmende Ertragssicherheit aufgrund v. Klimavariabilität, steigende Volatilität der Weltmarktpreise, veränderte Qualität durch höhere CO ₂ -Konzentration (sinkender Eiweißgehalt im Weizen, steigender Zuckergehalt im Obst), höhere Temperaturen im Winter, weniger Kälterückfälle im Frühjahr (frühes Wachstum), höhere Erträge Wärme liebender Arten (Mais) und tlw. im Obstanbau, je nach Region Niederschlagsrückgang	landwirtschaftliches Risikomanagement (Diversifizierung der Einkommen, Ausbau der Liquiditätsreserven, Nutzung von Versicherungslösungen), Entwicklung neuer Düngungsstrategien (Ausbringungszeitpunkt und -technik), Einstellung auf neue Schädlinge (Maiszünsler), Ausbau des Zwischenfruchtanbaus sowie Umstellung der Fruchtfolgen, gezielte Stabilisierung der Humusgehalte, Verbesserung der Wassereffizienz, Einsatz wassersparender Beregnungs- und Bewässerungstechniken (Tröpfchenbewässerung, geschlossenes Bewässerungssystem), konservierende Bodenbearbeitungsverfahren, standortangepasste resistente Rassen

Bereich	Diskutierte Herausforderungen	Lösungsansätze
Fischerei	geändertes Artenspektrum und größere Bestandsschwankungen, Nordverschiebung der Bestandsschwerpunkte (Abnahme Kabeljau und Scholle, Zunahme Rote Streifenbarbe, Knurrhahn und Kaisergranat), zurückgehende Miesmuschelbestände	flexibel einsetzbare Flotte für verschiedene Arten der Fischerei, Generierung verlässlicher und kurzfristig verfügbarer Informationen für erfolgreiches Bestandsmanagement
Gesundheit	Hitzestress insbes. im Zusammenhang mit demografischem Wandel, (vektorgebundene) Infektionskrankheiten (Lyme-Borreliose, FSME, Malaria, Dengue-Fieber, West-Nil-Fieber, Chikungunya-Fieber, Hanta-Fieber)	Informationen, Übermittlung DWD-Daten, Meldepflicht und Nachweismethoden von Krankheiten im Landesgesundheitsamt, FSME-Screenings
Tourismus	Schneesicherheit in Mittelgebirgen, Starkniederschläge, höhere bakterielle Belastung (z. B. Cholera-Bakterien) der Badegewässer aufgrund steigender Wassertemperaturen	Forschung (z. B. Projekt KUNTIKUM), Information (Internetplattform stellt Daten über Qualität der niedersächsischen Badegewässer bereit)

5.4.2 Anpassungskapazität in den Handlungsbereichen

Welche Faktoren für eine erfolgreiche Gestaltung und Steuerung von Governanceprozessen im Kontext der Klimaanpassung maßgeblich sind, ist bislang kaum Gegenstand der politikwissenschaftlichen Debatte gewesen. Eine der wenigen Konzeptualisierungen stellt der Ansatz von Gupta et al. (2010) dar. Hier gehen die Autor(inn)en erstens davon aus, dass sich Anpassungskapazität in unterschiedlichen Dimensionen bzw. Elementen der Anpassungskapazität ausdrückt. Zweitens wird angenommen, dass Anpassungskapazität von unterschiedlichen Faktoren bzw. Bedingungen beeinflusst wird. Dabei umfassen die Dimensionen der Anpassungskapazität *Viel-falt* im Sinne von Problemsichten und Problemlösungsansätzen, Akteuren, Ebenen und Sektoren; *Lernkapazität* im Sinne von Vertrauen, sog. Single- und Double-Loop-Lernen, institutionellem Umgang mit Unsicherheit und institutionellem Gedächtnis, sowie *Wandelkapazität* im Sinne des Zugangs zu Information, Fähigkeit zur Umsetzung und Improvisation. Die Bedingungen für Anpassungskapazität sind: *Ressourcen* verschiedenster Art (finanziell, „humane“, machtbezogene), *Leadership* im Sinne von Anleitung und Anreizen, sowie *Fair Governance* im Sinne von Legitimität, Fairness, Responsivität²⁶ und Zurechenbarkeit (ausführlich: Gupta et al. 2010; Grecksch & Siebenhüner 2010: 116-119).

Da in dem Ansatz von Gupta et al. die Perspektiven und Wahrnehmungen der Akteure, die über die Realisierung von Anpassungsmaßnahmen entscheiden, nur in geringem Maße berücksichtigt sind, wurden in den Analysen zur Abschätzung der Anpassungskapazität zwei weitere Indikatoren berücksichtigt: die Anpassungsmotivation und die Kapazitätsüberzeugung von Entscheidungsträgern (vgl. Grothmann 2005; Grothmann & Patt 2005). Bei der Anpassungsmotivation geht es um Wahrnehmungen von Risiken und Chancen des Klimawandels, die Kapazitätsüberzeugung bezieht sich auf die Überzeugung, sich an den Klimawandel anpassen zu können. Geringe Anpassungsmotivation und Kapazitätsüberzeugung mindern die Anpassungskapazität.

Nach den Befunden (ausführlich in Garrelts et al. 2011) ergibt sich folgendes Bild:

- In denjenigen Handlungsbereichen, die sich auf das Umweltgut Wasser beziehen – **Wasserwirtschaft, Küsten- und Binnenhochwasserschutz** – konnte eine *hohe* Anpassungskapazität konstatiert werden (s. Abbildung 21). Damit werden Befunde aus früheren Untersuchungen bestätigt (und ergänzt), die dem Küstenschutz im Vergleich mit anderen Sektoren eine „gewisse Vorreiterrolle“ attestieren (Schuchardt & Schirmer 2007: 13). Besonders stark ausgeprägt sind hier die Faktoren Vielseitigkeit, Lernkapazität und Wandelkapazität. Das bedeutet: Ein Bündel unterschiedlicher Problemdefinitionen und Lösungsvorschläge und in der Konsequenz ein hohes Maß an Handlungsoptionen ist ebenso vorzufinden wie Lerneffekte aufgrund von Erfahrungen in der Vergangenheit. Gleichzeitig erfolgen auch umfassende Aktivitäten zur Evaluierung und

²⁶ Unter Responsivität wird die Antwortbereitschaft oder Empfänglichkeit politischer Akteure (z.B. Abgeordnete) für Willensäußerungen ihrer Wählerschaft gefasst. Darüber hinaus bildet Responsivität eine generelle Rückbindungsform freien Handelns an Gemeinwohlerfordernisse (Prittwitz 2007: 237).

zum Monitoring gegenwärtigen Handelns. Zu erklären ist dies nicht zuletzt mit einer hohen Sicht-, Spür- und auch Messbarkeit von Veränderungen und mit einer recht hohen Anpassungsmotivation und Kapazitätsüberzeugung. Akteure dieser Handlungsbereiche weisen weitreichende Erfahrungen mit Umweltveränderungen auf, welche damit zu einer eher vertrauten Herausforderung werden. Gleichzeitig ist das Spektrum von Akteuren vergleichsweise groß, der Grad an Institutionalisierung hoch (bis hin zu weitreichenden Vorgaben im Zuge von europaweit geltenden Regelungen), und die Medienpräsenz der Thematik ist ebenfalls hoch. Gleichwohl ist auch erkennbar, dass die komplexen und vielfältigen Folgen des Klimawandels auf den Aspekt des Meeresspiegelanstiegs verkürzt werden – dies gilt für die mediale Berichterstattung sowie für Parlamentsdebatten.

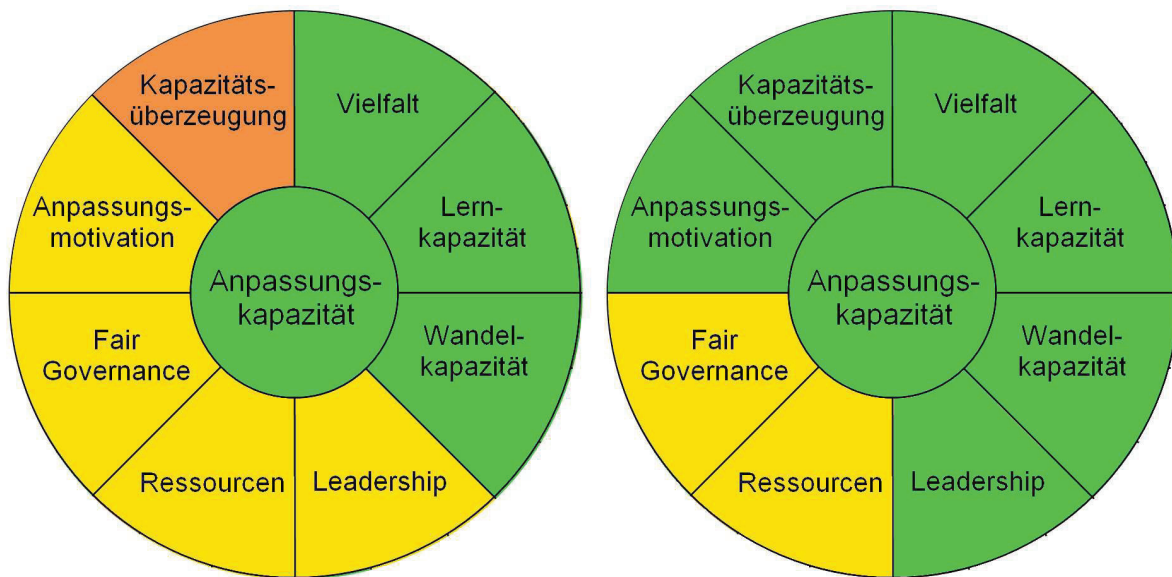


Abbildung 21: Stärken-Schwächen-Profil der Handlungsbereiche Wasserwirtschaft (links) sowie Küsten- und Binnenhochwasserschutz (rechts) (Legende: grün = Stärke, gelb = weder Stärke noch Schwäche, orange = Schwäche; aus Garrelts et al. 2011)

- In den Handlungsbereichen **Raumplanung** und **Bevölkerungsschutz** besteht nach unserer Einschätzung eine *mittlere* Anpassungskapazität. In beiden Bereichen haben neue Problemsichten noch nicht auf breiter Basis Einzug halten können, während gleichzeitig im Bereich Ressourcen ausgeprägte Schwächen zu konstatieren sind. Ebenfalls als schwach bewertet werden muss der Bereich Fair Governance und hier die Indikatoren Fairness und Responsivität – beides steht für die Anbindung an und die Reaktion auf gesellschaftliche Prozesse unterschiedlichster Art. Erklärungsansätze setzen, quasi analog zu den wasserbezogenen Handlungsbereichen, an der Tatsache an, dass weder die Raumplanung noch der Bevölkerungsschutz bislang von Klimaveränderungen in relevantem Maße berührt waren. Die Frage der Messbarkeit von Klima- bzw. Umweltveränderungen stellt sich für die Raumplanung eigentlich kaum, da dieser Handlungsbereich von den Klimaveränderungen nicht unmittelbar physisch betroffen ist. Hier besteht ein Unterschied zum Bevölkerungsschutz, der sich durchaus an der sich ggf. verändernden Häufigkeit von Extremereignissen orientiert. Beide Handlungsbereiche sind weitaus weniger Gegenstand öffentlicher Debatten und medialer Berücksichtigung. Insbesondere der Raumplanung mangelt es im Bereich der Klimaanpassung an politischer Durchsetzungsfähigkeit, was sich auch in einer relativ geringen Kapazitätsüberzeugung der befragten Experten widerspiegelt. Dabei werden die Handlungsvoraussetzungen in Interviews aktuell für Bremen besser beschrieben als für Niedersachsen.

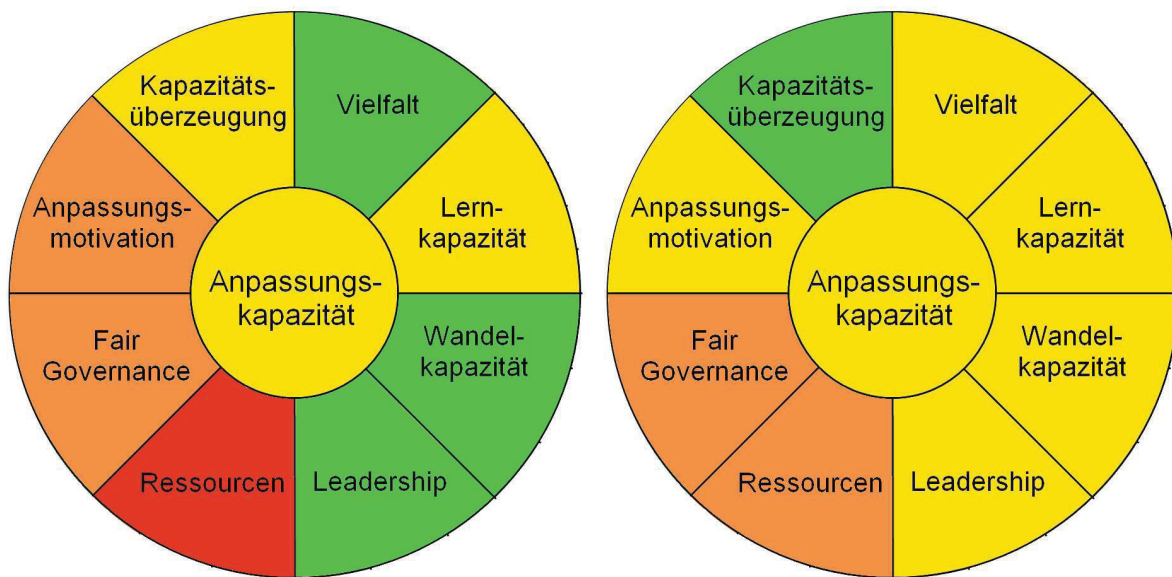


Abbildung 22: Stärken-Schwächen-Profil der Handlungsbereiche Raumplanung (links) sowie Bevölkerungs- und Katastrophenschutz (rechts) (Legende: grün = Stärke, gelb = weder Stärke noch Schwäche, orange = Schwäche, rot = große Schwäche; aus Garrelts et al. 2011)

- Auch wenn die Handlungsbereiche allgemein sehr unterschiedlich verfasst sind (Stellung im europäischen Mehrebenensystem, Akteurskonstellationen, verfügbare Instrumente und deren Eigenschaften), so lassen sich doch auch einige wenige übergreifende Tendenzen erkennen. Lernprozesse im oben genannten Sinne (Lerneffekte aufgrund von Erfahrungen in der Vergangenheit) sind in sämtlichen Bereichen zu identifizieren. In den untersuchten Handlungsbereichen ist die Klimaanpassung als Thematik angekommen und eine gewisse Anpassungsmotivation ist vorhanden. Insbesondere mangelt es bereichsübergreifend nicht an informationellen Grundlagen. Informationen sind in hohem Maße vorhanden und verfügbar – wobei allerdings oftmals unklar ist, was naturwissenschaftlich-technische Informationen für gesellschaftliche Belange wie etwa demokratische Verfasstheit oder Nachhaltigkeit genau bedeuten. Positiv ist ferner zu vermerken, dass es eine weitgehend funktionierende Kooperation zwischen den beiden Bundesländern gibt, wie auch ausreichend Akteursnetzwerke bestehen, welche also für Klimaanpassungszwecke genutzt werden können und nicht neu geknüpft werden sollten. Gleichzeitig sind auch übergreifende Mängel zu erkennen. So ist das Verhältnis unterschiedlicher Institutionen im Hinblick auf Fragen der intersektoralen Koordination und der Politikintegration (vgl. Mickwitz et al. 2009; Gupta et al. 2010) „verbesserungswürdig“. Sollen Klimaanpassungsbelange in andere Sektoren, v. a. in die Infrastrukturplanung, integriert werden, so ist das Verhältnis der Institutionen häufig dann konflikthaft, wenn mächtige Wirtschaftsinteressen auf dem Spiel stehen. Hier bedarf es zumindest eines verbesserten Schnittstellenmanagements. Zu nennen ist ferner der Einbezug der „untersten“ politisch-administrativen Ebene, die Kommunen. Hier soll Klimaanpassung letztendlich umgesetzt werden – doch kommen entsprechende Debatten hier überhaupt an? Werden Kommunen mit zusätzlichen Ressourcen versehen? In diesem Zusammenhang stellt sich schließlich auch die Frage des Verhältnisses des Staates zur Gesellschaft – handlungsbereichsübergreifend steht die Öffnung des politisch-administrativen Systems in Richtung der betroffenen Bevölkerung an. Bürgerbeteiligung erfolgt bislang allenfalls punktuell. Übergreifende Defizite bestehen hier in der Berücksichtigung der sozialen Dimension – konkret: zu wenig wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Zugänge zur Thematik Klimaanpassung und Kapazitäten im Umgang damit in der Bevölkerung sehr unterschiedlich verteilt sind.

Im Sinne eines Ausblicks lässt sich sagen, dass einige der von uns identifizierten Schwächen in den Handlungsbereichen selbst behoben werden müssen – so wie dies beispielsweise für den Hochwasserschutz durch das Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes aus dem Jahre 2005 sowie durch die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (Richtlinie EG 2007/60/EG) aus dem Jahre 2007 begonnen wurde. Zu fragen ist gleichzeitig, inwieweit die vorhandenen Ansätze zur Formulierung *übergreifender* Klimaanpassungsstrategien in beiden Bundesländern die von uns identifizierten Stärken und Schwächen aufgreifen.

5.4.3 Handlungsbereichsübergreifende Anpassungsstrategien in Niedersachsen und Bremen

Neben den konkreten Handlungsbereichen wurden übergreifende Anpassungsaktivitäten in den Bundesländern Bremen und Niedersachsen analysiert. Nachfolgend werden diese Aktivitäten – von der Existenz umfassender Strategien vergleichbar der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS; Bundesregierung 2008) kann noch nicht gesprochen werden – überblicksartig beschrieben und im Hinblick auf die von uns in den Handlungsbereichen identifizierten Schwächen vertieft.

Klimaanpassung im Mehrebenensystem – Stellung der Bundesländer

Generell sind Niedersachsen und Bremen – wie andere Bundesländer auch – in Klimaanpassungsaktivitäten im Zuge des deutschen Mehrebenensystems eingebunden. Dies betrifft in jüngerer Zeit in besonderem Maße die Politikformulierungsprozesse im Zuge der DAS (vgl. Bundesregierung 2008) und im Zuge des Aktionsplans Anpassung (vgl. Bundesregierung 2011). Hier wurden die Bundesländer und auf Bundeslandebene die unterschiedlichen Ressorts jeweils beteiligt. Im Rahmen der DAS werden sogenannte Regionalkonferenzen gemeinsam von Bundesländern und der Bundesebene initiiert, die künftig die Kooperation unter den Bundesländern fördern wie auch den Einbezug der kommunalen Ebene fördern sollen.²⁷ Die Einbindung von Bundesländern erfolgt zudem über die die Bund/Länderarbeitsgemeinschaft „Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit“ (BLAG KliNa) und hier über die Arbeitsgruppe „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“. Eine andere, vergleichbare Einrichtung, die Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), erarbeitet an der Schnittstelle von wasserbezogenen Belangen einerseits und Klimaanpassungsbelangen andererseits Expertise und stellt diese den Entscheidungsträgern zur Verfügung. Mit dem Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) im Umweltbundesamt erhalten die Bundesländer Zugang zu aufbereiteten Daten aus Klimafolgenforschungsprojekten.²⁸ Das vom BMBF finanzierte Climate Service Center (CSC) stellt regionalisierte Informationen zum Klimawandel in Deutschland bereit. Die Bundesländer können zudem auf bundesweite Informationssysteme Zugriff nehmen. Dies betrifft beispielsweise das Umweltportal Deutschland (PortalU), das bundesweit weitere verschiedene Informationssysteme bündelt.²⁹

Aktivitäten in Niedersachsen

Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz hat im Jahre 2009 das „Strukturpapier für eine niedersächsische Klimaanpassungsstrategie“ (Nds. MUK 2009) veröffentlicht, in dem für eine Reihe von Sektoren Herausforderungen und mögliche Lösungsansätze diskutiert werden (s. Tabelle 15). Die Lösungen, die für eine Niedersächsische Klimaanpassungsstrategie entwickelt werden sollen, werden laut Strukturpapier flexibel und wandelbar sein, so dass diese selbst eine Anpassung erlauben. Ein weiteres relevantes Dokument sind die sog. Hanse-Thesen (vgl. Hanse-Wissenschaftskolleg 2010). Dieses Dokument, welches v. a. strategische Fragen adressiert, wurde von 14 Wissenschaftlern mit unterschiedlichem disziplinärem Hintergrund im

²⁷ Eine erste solche Regionalkonferenz, die die fünf Küsten-Bundesländer betrifft, hat am 30./31. März 2011 in Hamburg stattgefunden. Themen waren beispielsweise zukünftige Auswirkungen des Klimawandels auf die norddeutsche Küstenregion, Herausforderungen für die norddeutschen Häfen und für den Küstentourismus, sowie Perspektiven politischer Strategien. Eine weitere Regionalkonferenz ist für 2012 in Bremerhaven geplant.

²⁸ Aktuell wird hier z.B. das Fachinformationssystem Klimafolgen und Anpassung (FISKA) entwickelt. Es soll den staatlichen Institutionen Informationsgrundlagen und Wirkmodelle zu Folgen des Klimawandels für die Planung und Durchführung von Anpassungsmaßnahmen räumlich aufbereitet bereitstellen.

²⁹ Diese Informationen betreffen Binnenwasserstände, Tidekarte, Allgemeine Überwachung der Umweltradioaktivität, Luftmessnetz Niedersachsen, Pegelstände, sowie Hochwasserrückhaltebecken.

Rahmen eines Workshops im Jahre 2010 erarbeitet³⁰ und an Politik und Verwaltung übergeben. Weitere Akteure werden in Niedersachsen über die eingesetzte Regierungskommission Klimaschutz einbezogen, hier mit einem eigenen Arbeitskreis Klimaanpassung. Ein großer Stellenwert wird schließlich im Bundesland durchgeführten Forschungsprojekten beigemessen. Zu nennen ist hier das vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur geförderte 5-jährige Vorhaben ‚Klimafolgenforschung in Niedersachsen‘ (KLIFF).³¹ Ziel ist die „Erweiterung der Wissensgrundlage über Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler und lokaler Ebene“ (Beese 2009). KLIFF bearbeitet die Bereiche Land-, Forst- und Wasserwirtschaft sowie den Küstenschutz und die Raumplanung. Parallel zum Forschungsvorhaben KLIFF wird in der Metropolregion Bremen-Oldenburg das Forschungsvorhaben ‚nordwest2050‘ im Zuge der BMBF-Forschungsaktivität KLIMZUG durchgeführt. Weitere Forschungen betreffen gegenwärtig die Erarbeitung von Empfehlungen zur Vermeidung oder Verringerung der Vektorbelastung in unmittelbarer Nähe von Nutztieren (Universität Oldenburg, vgl. Nds. MUK 2009), sowie im Bereich Tourismus das Forschungsprojekt ‚Klimatrends und nachhaltige Tourismusedwicklung in Küsten- und Mittelgebirgsregionen‘ (KUNTIKUM).³²

Aktivitäten in Bremen

In Bremen wurde im September 2011 beim Senator für Umwelt, Bau und Verkehr (SUBV)³³ das Fachkonzept Klimaanpassung erstellt. Auf Basis bestehender Erfahrungen und Erkenntnisse zu möglichen Klimafolgen sowie aktueller Ergebnisse projizierter Klimaänderungen für die Region beschreibt es synoptisch für das Land Bremen zentrale Sachstände und Fragestellungen zum Klimawandel in ausgewählten Handlungsfeldern: Küstenschutz, Hochwasserschutz, Wasserwirtschaft, Bodenschutz, Landwirtschaft, Biodiversität/Naturschutz, Stadtplanung/Stadtentwicklung, Infrastrukturen und sicherer Betrieb von Industrieanlagen sowie Landschaftsplanung. Es ist geplant, durch Einbeziehung weiterer Handlungsfelder das Fachkonzept zu einem fortzuschreibenden Bremer Anpassungskonzept an den Klimawandel weiter zu entwickeln.

Relevante Forschungsaktivitäten erfolgen in Bremen derzeit insbesondere im Zuge des Forschungsvorhabens ‚nordwest2050‘, an dem Bremen beteiligt ist (vgl. SUBVE 2009). Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (17. Legislaturperiode der bremischen Bürgerschaft) hat in diesem Zusammenhang die „Konkretisierung der integrierten regionalen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ im Rahmen der Metropolregion Bremen-Oldenburg angekündigt. Im Zuge des Prozesses zur Entwicklung eines Leitbildes für die Stadtentwicklung heißt es: „Schon in wenigen Jahren (bis 2014) will Bremen zudem gemeinsam mit den Akteuren unserer Metropolregion eine regionale Klimaanpassungsstrategie verbindlich vereinbart und bis 2020 in wesentlichen Punkten umgesetzt haben“ (SUBVE o. J.). Ebenfalls bis 2020 will Bremen, im Rahmen seiner Stellung in der Metropolregion, „gemeinsam den Spitzenplatz der deutschen Metropolregionen in der Entwicklung innovativer Anpassungsstrategien an den Klimawandel erreichen“ (SUBVE 2010a).

In Bremen wie in Niedersachsen ist in den zurückliegenden Legislaturperioden über Klimaanpassung debattiert worden, es ist also ein gewisser Grad an Politisierung zu konstatieren. Allerdings erfolgte dies sehr selektiv und nahezu ausschließlich bezogen auf den sektoralen Belang des Küstenschutzes und die Veränderung des Meeresspiegels (Garrelts et al. 2011).

Verbesserung der Klimaanpassungskapazität durch übergreifende Aktivitäten?

In der Analyse der Handlungsbereiche (s. o.) hatten sich verschiedene „Schwächen“ gezeigt, die zu Abstrichen in den Bewertungen der jeweiligen Anpassungskapazitäten führten. Es waren dies die Elemente intersektorale Koordinierung und Politikintegration, die Einbindung sämtlicher politisch-administrativer Ebenen (v. a. der Kommunen) und Bürgerbeteiligung, die Ressourcenbasis,

³⁰ An dem Workshop nahmen zudem neun Vertreter aus drei niedersächsischen Ministerien teil (Umweltministerium, Landwirtschaftsministerium, Wissenschaftsministerium).

³¹ An dem Forschungsverbund sind 21 Universitäten und Forschungseinrichtungen beteiligt, das Fördervolumen umfasst 13,6 Millionen Euro.

³² Die Durchführung des Projekts erfolgt gemeinsam mit Schleswig-Holstein und Baden-Württemberg und ist inzwischen abgeschlossen.

³³ Anzumerken ist, dass im Bundesland Bremen mit Beginn der 18. Wahlperiode (Beginn: 08. Juni 2011) eine Umbenennung in eben diese Bezeichnung erfolgte; zuvor hatte die Bezeichnung „Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa“ (SUBVE) gelautet.

sowie Fairness bzw. Berücksichtigung der sozialen Dimension. Werden diese Elemente bzw. Bedingungen von Klimaanpassungskapazität in den Strategien der Bundesländer adressiert?

Intersektorale Koordinierung und Politikintegration

In beiden Bundesländern erfolgen die im Zuge von Debatten zur Klimaanpassung betonten Prozesse der intersektoralen Koordinierung und der Politikintegration (vgl. Mickwitz et al. 2009; Gupta et al. 2010). Dies betrifft bislang vorwiegend Sektoren wie Naturschutz und Biodiversität, Land- und Forstwirtschaft. In Sektoren und Bereichen wie Bau und Verkehr sind diese Prozesse bislang eher schwach ausgeprägt.³⁴ In Niedersachsen werden Auswirkungen auf Infrastrukturen, Energie- und Wasserversorgung, Transport und Verkehr sowie Häfen thematisiert (vgl. Nds. MUK 2009). In den später formulierten Hanse-Thesen wird der „Blick auf alle Sektoren“ gefordert (Hanse-Wissenschaftskolleg 2010: 2). In diesem Dokument findet sich ein interessanter Passus zur Politikintegration: Zukünftig sollen in Niedersachsen da, wo der Staat öffentliche Infrastrukturaufgaben wahrnimmt, Folgekosten dieser Investitionen „unter Einbezug auch von erwartbaren Klimafolgekosten berücksichtigt werden“ (ebd.). Zielkonflikte zwischen Klimaanpassung und anderen Sektoren werden in Niedersachsen nur in Bezug auf Klimaschutz behandelt: Klimaschutz darf demnach durch Klimaanpassung nicht behindert werden. Trotz der Betonung von Synergien wird Klimaanpassung dem Klimaschutz untergeordnet. Andere Konfliktfelder der Klimaanpassung, etwa Flächenkonkurrenzen, werden derzeit kaum diskutiert. Das Strukturpapier nennt die Lösung oder Minimierung von Konflikten aus konkurrierenden Nutzungsansprüchen zwar als Aufgabe und Ziel, geht aber nicht weiter auf eine etwaige Strategieentwicklung in diese Richtung ein (vgl. Nds. MUK 2009).

In Bremen wird die innerbehördliche Koordinierung bislang „appellhaft“ vorangetrieben, eine Verpflichtung an der Mitarbeit am erwähnten Fachkonzept gibt es nicht. Anzumerken ist, dass über das Vorhaben ‚nordwest2050‘ insbesondere die Energiewirtschaft sowie die Hafenwirtschaft und Logistik an Fragen der Klimaanpassung heran geführt werden. Mehr als KLIFF setzt dieses Vorhaben auf sog. Stakeholder aus der Region – diese einzubeziehen gilt als wesentlich für die Erstellung der im ‚nordwest2050‘ geplanten „Roadmap of Change“, einer Art Leitlinie für die Anpassung in der Metropolregion.

Insgesamt werden Fragen der intersektoralen Koordinierung und Politikintegration vor allem in Niedersachsen thematisiert; gleichwohl existieren verbindliche Mechanismen derzeit nicht.

Einbezug und Stärkung der kommunalen Ebene sowie Bürgerbeteiligung

Sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene wird im Kontext von Klimaanpassung und der Rolle unterschiedlicher politisch-administrativer Ebenen vom „aktivierenden Staat“ gesprochen (vgl. Hanse-Wissenschaftskolleg 2010: 2). Damit ist gemeint, dass den Landkreisen und Gemeinden mithilfe von Informationen und erhöhter Sensibilisierung ein Handeln aus eigener Kraft heraus ermöglicht werden soll. In der Konsequenz bedeutet dies, dass die eigentliche Entwicklung und v. a. Umsetzung von Anpassungskonzepten im Landkreis oder in der Kommune selbst zu erfolgen hat. Welche Aussagen aber werden in Bezug auf die „unterste“ Ebene getroffen, welche Rolle wird der Bevölkerung zugedacht? Konkrete(re) Hinweise finden sich in Niedersachsen. Hier ist vorgesehen, Informationen mit Bezug zum Klimawandel ständig zu aktualisieren und auszuwerten. Dies soll im Rahmen eines allerdings noch nicht näher definierten gesellschaftlichen Prozesses erfolgen, jedoch wird die Bevölkerung bisher noch nicht an der Entwicklung der Klimaanpassungsstrategie in Niedersachsen beteiligt. Zudem plädieren die Hanse-Thesen für die Entwicklung eines „Klima-Fitnesstests für Kommunen“ durch das Bundesland Niedersachsen; es wird ein „Klima-Fitnesswettbewerb für niedersächsische Kommunen“ in Aussicht gestellt. Auf diese Weise soll den Kommunen ermöglicht werden, „selbst einzuschätzen, für welche Klimafolgenzenarien sie gerüstet sind, um daraus im Bedarfsfall geeignete weitere Maßnahmen abzuleiten. Mit einem solchen Fitnesstest kann das Handeln auf kommunaler Ebene trotz bzw. gerade

³⁴ Im Unterschied dazu gibt es in der DAS eigene Abschnitte zu folgenden Sektoren und Bereichen (vgl. Bundesregierung 2008: 16ff.): Bauwesen, Energie, Finanz, Verkehr, Raum- und Regionalplanung, sowie (der sowohl in Niedersachsen als auch in Bremen bislang ebenfalls nicht einbezogene) Bevölkerungsschutz.

aufgrund der vielen bestehenden Unsicherheiten in Klimaprognosen ausgelöst werden“ (ebd.: 4). Im Stadtstaat Bremen ist die Bevölkerung indirekt und partiell über den Dialogprozess zum Leitbild der Stadtentwicklung beteiligt worden. In diesem Zusammenhang hat die Klimaanpassung erstmalig überhaupt explizite Erwähnung gefunden. Insgesamt sind einige wesentliche Fragen derzeit noch ungeklärt (zusätzliche Ressourcen für Kommunen, Art der Bürgerbeteiligung). Damit bleibt die Beteiligung der kommunalen Ebene und der Bürger in der Klimaanpassung vorerst schwach.

Ressourcen: Macht und Finanzen

Grundsätzlich wird die Erstellung von länderbezogenen Anpassungsstrategien von keiner höheren Ebene erzwungen – so wie dies in gewisser Weise etwa im Zuge der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG) der Fall war. Diese war in nationales Recht umzusetzen, was u. a. mit *obligatorischen* Gebietsmeldungen einher ging und damit insgesamt dem Biodiversitätsschutz vor Ort Macht verlieh. Impulse für die Klimaanpassung auf Länder- und auf kommunaler Ebene resultieren aus der sog. Säule 2 des Aktionsplans Anpassung (Bundesregierung 2011: 30ff.), der Rahmensetzung durch die Bundesregierung. Mit Blick auf Machtressourcen ist zudem auf Handlungsfelder wie den Binnenhochwasserschutz hinzuweisen, wo verbindliche Regelungen zu Bauverboten in Überschwemmungsgebieten erlassen worden sind. Insgesamt ist aber der steuerungspolitische Ansatz bislang ganz überwiegend „weicher Art“, d.h. es werden in beiden Bundesländern Dialogprozesse angestoßen und es soll die Wissensbasis, bezogen primär auf natur- und ingenieurwissenschaftliches Wissen, verbessert werden.

Die Situation der öffentlichen Haushalte ist angespannt. Jedoch wurden für KLIF 13,6 Mio. Euro (Landesmittel), für ‚nordwest2050‘ ca. 10 Mio. Euro (Bundesmittel) mobilisiert. Weitere Ressourcen für Klimaanpassung (Maßnahmen und Forschung) in Niedersachsen und Bremen sind derzeit jedoch kaum zu erwarten. In Bremen sind für Klimaanpassungsbelange (im Sinne eines neuen, querschnittsorientierten Handlungsfeldes) zur Zeit keine zusätzlichen Ressourcen konkret geplant; gleichwohl ist dies für die Zukunft auch nicht auszuschließen. Denkbar und wahrscheinlich ist, dass in näherer Zukunft auf EU-Ebene Fördergelder für Klimaanpassung bereitgestellt werden.

Fairness: Einbindung benachteiligter Gruppen und Redistribution

Die Folgen des Klimawandels stellen sich für unterschiedliche soziale Gruppen mit unterschiedlichen Merkmalen (sozio-ökonomische Merkmale, Alter, Migrationshintergrund, Gesundheit etc.) unterschiedlich dar, wobei die Benachteiligung bestimmter gesellschaftlicher Gruppen sogar noch verstärkt werden kann (vgl. Wisner et al. 2004). Bei Gupta et al. (2010) wird daher die Frage gestellt, inwieweit Programme oder Maßnahmen vorgesehen sind, die erstens benachteiligte Gruppen einbinden sowie zweitens Mechanismen der Redistribution enthalten, um der sozialen Ungleichheit in der Gesellschaft entgegen zu wirken. Beides ist in beiden Bundesländern bisher kaum erkennbar, auch wenn nach offizieller Verlautbarung in der niedersächsischen Regierungskommission Klimaschutz „alle bedeutenden Akteure“³⁵ eingebunden sind und die Hansethesen bei der Analyse der klimabezogenen Vulnerabilität die Berücksichtigung (u. a.) der sozialen Dimension proklamiert (vgl. Hanse-Wissenschaftskolleg 2010: 2). Was die Mechanismen zum Entgegenwirken der Ungleichheit in der Gesellschaft betrifft, so könnten diese Mechanismen zumindest in Informations- und Kommunikationsansätzen bestehen, die den unterschiedlichen Bedürfnissen unterschiedlicher sozialer Gruppen Rechnung tragen (vgl. Martens et al. 2009); sie können auch gezielte öffentliche Ausgaben beinhalten. Ersteres ist augenblicklich nicht erkennbar und zweitens werden am Beispiel staatlicher Subventionen abgelehnt, mit der Begründung, diese führten nicht nur zu Kosten, sondern auch zu Markt- und Wettbewerbsverzerrungen (vgl. Hanse-Wissenschaftskolleg 2010: 3) und seien somit kein geeignetes Instrument zur Klimaanpassung. Die Hanse-Thesen setzen auf autonome Anpassung durch die Gesellschaft, eben *ohne* weitreichende staatliche Eingriffe.

³⁵ Eine Liste der beteiligten Akteure ist unter <https://regierungskommission-klimaschutz.de/Klimaschutz/MitgliederRegierungskommission> zu finden (Zugriff am 25.10.2011).

5.4.4 Fazit zur Anpassungskapazität

In den Handlungsbereichen konnte eine Vielzahl an Elementen und Faktoren der Anpassungskapazität mit ‚mittel‘ und ‚hoch‘ bewertet werden. Dies ist insbesondere da gegeben, wo relevante Veränderungen schon heute absehbar sind und erhebliche „Störimpulse“ erwartbar zu bewältigen sein werden – in der Wasserwirtschaft und im Küstenschutz bzw. Binnenhochwasserschutz. Dem stehen einige Elemente und Faktoren vorwiegend in anderen Handlungsbereichen gegenüber, in denen teils erhebliche Mängel zu konstatieren sind – in der Raumplanung und im Bevölkerungsschutz.

Einige der identifizierten Mängel werden von den übergreifenden Anpassungsaktivitäten in Bremen und Niedersachsen adressiert, womit die Anpassungskapazität insgesamt verbessert wird. So sieht Niedersachsen hinsichtlich der intersektoralen Koordination Mechanismen vor, die die Planung von Infrastruktur betreffen (z. B. Vermeidung zukünftiger Kosten). Für die bremische Politik können derzeit noch keine konkreten Aussagen zu solchen geplanten Anpassungsmaßnahmen getroffen werden, die über den Generalplan Küstenschutz (vgl. NLWKN 2007) hinausgehen. Gleichwohl wird im Rahmen von ‚nordwest2050‘ in der Metropolregion ein entsprechender Beitrag über die Einbeziehung von Stakeholdern dreier Wirtschaftscluster geleistet. Verbessert, wenn auch in begrenztem Maße, wird auch der Einbezug der kommunalen Ebene, nicht zuletzt durch die sog. thematischen Regionalkonferenzen, die explizit auf diese Ebene zielen. Insgesamt kommen in den übergreifenden Klimaanpassungsaktivitäten in Bremen und v. a. in Niedersachsen in Gänze die Problemrahmung und Lösungsvorschläge zum Ausdruck, wie sie in Deutschland derzeit vorherrschend sind und sich in der DAS paradigmatisch dargelegt finden. Die DAS geht von einer Verwundbarkeit Deutschlands gegenüber den Folgen des Klimawandels aus – diese gilt es „zu mindern bzw. die Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu erhalten oder zu steigern und mögliche Chancen zu nutzen“ (Bundesregierung 2008: 4). Als Lösung gilt ein „mittelfristiger Prozess, in dem schrittweise mit den Ländern und den gesellschaftlichen Gruppen die Risiken identifiziert, der mögliche Handlungsbedarf benannt, die entsprechenden Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden“ (ebd.). Dieser Prozess zeichnet sich durch eine Verbesserung der Wissensbasis aus, durch Transparenz und Beteiligung, sowie durch Strategien im Umgang mit Unsicherheit (ebd.).

Damit nicht geklärt sind jedoch die folgenden Aspekte:

- a) Einbezug der Bevölkerung und Bürgerbeteiligung. Zwar wird eine Vielzahl von „bedeutenden“ Akteuren einbezogen (niedersächsische Regierungskommission), doch ist nicht immer klar, worin deren Bedeutsamkeit genau besteht. Gleichzeitig bestehen für die Einbindung benachteiligter Gruppen derzeit keine Pläne, womit weniger gut organisierte Interessen relativ geschwächt oder weiter marginalisiert werden.
- b) Notwendigkeit einer zusätzlichen finanziellen Ausstattung insbesondere auf der Umsetzungsebene von Klimaanpassungsprojekten. Ansonsten entsteht die Gefahr einer Überforderung der unteren Planungsebenen.
- c) Instrumentelle Stärkung des Belangs Klimaanpassung insgesamt. Dies kann unmittelbar etwa durch Ge- und Verbote erreicht werden, oder mittelbar durch Anreize oder Subventionen. Bisher dominieren ausschließlich „weiche“ Zugänge, mit Dialogprozessen und wissensbezogenen Ansätzen. Letztere fokussieren auf natur- und ingenieurwissenschaftliches Wissen, nicht auf eine Verständigung über normativ geprägte Konzepte wie Wachstum oder Nachhaltigkeit.

Die damit zusammenhängenden Schwächen sollten sich jedoch in Zukunft (deutlich) reduzieren lassen. Dabei können einige der Aspekte in der Region selbst bearbeitet werden (insbesondere Berücksichtigung der sozialen Dimension, sektorbezogenes Schnittstellenmanagement, Förderung der gesellschaftlichen Verständigung über die Konsequenzen der Befunde der Klimafolgenforschung etwa durch einen Klimarat). Weiter gehende Faktoren wie die Aufwertung der Regionalplanung bedürfen realistischerweise einer Regulierung durch andere Ebenen (z. B. Bund, EU), nach dem Muster des Hochwasserschutzgesetzes oder der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie.

5.4.5 Vulnerabilitätsbewertung der Governance

Bezieht man abschließend die hier dargelegten Befunde auf das oben genannte Verständnis von Vulnerabilität – als Funktion der Faktoren Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität – so ergibt sich aus Sicht der Governance folgendes Bild:

Bei gegebener Exposition (Schuchardt et al. 2010a und 2010b, vgl. Anhang 9.1) bestehen in der Region hohe Sensitivitäten für die Folgen des Klimawandels, insbesondere in den Bereichen Küsten- und Binnenhochwasserschutz, und dies insbesondere in den räumlichen Abschnitten der MPR HB-OL, die sich durch eine hohe Besiedlungsdichte und Konzentration von Werten auszeichnen. Deutlich geworden ist insbesondere auch die Relevanz von Sekundäreffekten von Klimaanpassungsmaßnahmen, die Flächennutzungskonflikte verschärfen können; letztere existieren ihrerseits auch unabhängig vom Klimawandel und haben mit bestimmten Formen der Landnutzung und entsprechendem Flächenverbrauch zu tun (Landwirtschaft, Siedlungsbau, Infrastrukturbau etc.; s. Kap. 5.3). Dabei wird nicht allein Fläche, sondern auch Wasser verbraucht und Grundwasser entnommen. Auch hier können sich bestehende Konkurrenzen durch den Klimawandel zuspitzen. Generell sind die Sensitivitätseinschätzungen gegenüber dem Klimawandel aber zu großen Teilen mit hohen Unsicherheiten verbunden, denn die Klimaänderungen können zum Teil nur in relativ großen Spannbreiten angegeben werden. Klimafolgenabschätzungen gestalten sich zudem schwieriger für physisch nicht unmittelbar von Klimaveränderungen betroffene Handlungsbereiche wie die Raum- und Regionalplanung, welche mehr von gesellschaftlichen Veränderungsprozessen bestimmt wird (z. B. ökonomische, Bevölkerungs- und institutioneller Wandel).

Die Anpassungskapazitäten in den analysierten Handlungsbereichen wurden entweder mit *mittel* oder mit *hoch* bewertet. Zu betonen ist, dass das Politikfeld Klimaanpassung ein vergleichsweise junges ist und Prozesse des Wandels erst am Anfang stehen. Weiterer Wandel wird vom bestehenden Handlungsdruck abhängen, und dieser hängt nicht nur von „objektiven“ naturwissenschaftlichen Größen ab, sondern bestimmt sich durch das Agieren der Akteure im Politikfeld (darunter Medien), die verfügbaren instrumentellen Optionen und die institutionelle Einbindung in Mehrebenensysteme (Jänicke et al. 1999: 53ff.). Wie schon die Sensitivität hängt also die Anpassungskapazität – und in der Konsequenz die Vulnerabilität – im Bereich der Governance nicht von den veränderten Klimaparametern allein ab, sondern wird vielmehr – wie auch in den meisten Sektoren – durch nicht-klimatische Faktoren bestimmt.

Abschließend kommen wir aus Sicht der Governance zu der Einschätzung einer **geringen bis mittleren** Vulnerabilität für die Metropolregion. Diese Einschätzung beruht auf der aus den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien abgeleiteten Exposition der Metropolregion für den Klimawandel – und kann sich entsprechend in Abhängigkeit von dieser ändern (z. B. stärkere Klimasignale, Extremereignisse: vgl. Kap. 3.1 und Kap. 5.1).

5.5 Nachfrageverhalten und Konsummuster

Ines Weller, Karin Fischer, Hanna Krapf, Diana Wehlau

In die Vulnerabilitätsanalyse ist mit dem AP 5.2.4 „Vulnerabilität der Region: Nachfrageverhalten und Konsummuster“ (s. a. Kap. 1) eine empirische Untersuchung über die Wahrnehmung des Klimawandels im Alltag und seiner Folgen für Konsumverhalten und Vulnerabilität in der Nordwest-Region integriert. Ein Ausgangspunkt dieser Studie waren Untersuchungsergebnisse der sozialwissenschaftlichen Umweltforschung und der Marktforschung, die auf eine zunehmende Bedeutung des Klimawandels für die Konsumententscheidungen privater Konsument/innen hinweisen (vgl. Krapf & Wehlau 2009). Danach steigt die Bereitschaft von Verbraucher/innen, klimagünstigere Angebote und Dienstleistungen zu bevorzugen und ihren direkten Ressourcenverbrauch zu reduzieren. Ein zweiter Ausgangspunkt war die in den letzten Jahren zu beobachtende Verteuerung vor allem energieintensiver Produkte und Dienstleistungen, aus der sich die Frage nach deren Folgen für (nachhaltigen) Konsum ableitet (vgl. Krapf & Wehlau 2009).

Vor diesem Hintergrund zielt die empirische Studie auf die Bestimmung klimawandelbezogener Veränderungen in den Konsummustern privater Verbraucher/innen und ihrer Folgen für nachhaltigen Konsum sowie für die Vulnerabilität der Nordwest-Region. Die zentralen Fragestellungen sind:

- Wie werden der Klimawandel und die Preisentwicklungen im Alltag von unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen wahrgenommen?
- Wie reagieren sie darauf?
- Welche Akteure werden in der Verantwortung für Klimaschutz und Klimaanpassung angesehen?

Besonderes Interesse gilt den drei Konsumbereichen Ernährung, Energie und Mobilität, da die drei Wirtschaftskluster Ernährung, Energie und Hafen & Logistik im Forschungsverbund ‚nordwest2050‘ im Zentrum der Analyse stehen.

Methodisch war die Untersuchung als explorative Studie angelegt. Sie setzte sich aus Fokusgruppen und Einzelinterviews zusammen, die mit drei unterschiedlichen Untersuchungsgruppen durchgeführt wurden. Dabei handelte es sich um die folgenden drei Gruppen, bei denen Unterschiede in ihrer Betroffenheit von der Klimawandeldebatte und von den Preisunterschieden angenommen wurden:

- „Umweltengagierte“: Mitglieder eines Umweltverbandes, bei denen eine überdurchschnittlich ausgeprägte Umweltorientierung und ein besonderes Interesse an Fragen des Klimawandels und des nachhaltigen Konsums erwartet wurden.
- „Familien mit erhöhtem Armutsrisiko“: Alleinerziehende und Eltern aus Stadtteilen mit hoher Armutsrate, bei denen von einer besonders starken Betroffenheit durch die Preisanstiege ausgegangen wurde.
- „Vergleichsgruppe“: Chormitglieder und dessen soziales Umfeld, bei denen keine spezifischen Vorannahmen bezüglich der Umwelteinstellungen und des Haushaltseinkommens gemacht wurden.

Es wurden sechs Fokusgruppen mit insgesamt 39 Teilnehmer/innen und 12 Einzelinterviews durchgeführt. Während es in den Fokusgruppen vor allem um das breite Spektrum von Aussagen sowie um neue und unerwartete Aspekte zum Thema Klimawandel und Preisanstiege sowie die darauf bezogenen Reaktionen ging, dienten die Einzelinterviews zur Überprüfung bzw. Vertiefung der Aussagen aus den Fokusgruppen. Im Folgenden werden die Hauptergebnisse zusammengefasst. Eine genaue Darstellung der Ergebnisse ist im Abschlussbericht der Studie „Untersuchung der Wahrnehmung des Klimawandels im Alltag und seiner Folgen für Konsumverhalten und Vulnerabilität in der Nordwest-Region“ nachzulesen (Weller et al. 2010).

5.5.1 Wahrnehmung des Klimawandels

Der Klimawandel als Referenzrahmen für beobachtete Umweltveränderungen

Als ein zentrales übergreifendes Ergebnis sind neue Erkenntnisse über klimawandelbezogene Wahrnehmungsmuster im Alltag hervorzuheben. Deutlich wurde, dass eine Fülle unterschiedlicher Beobachtungen und Erlebnisse im Alltag mit dem Klimawandel assoziiert werden. Er kann somit als eine Art Referenzrahmen für beobachtete Umweltveränderungen betrachtet werden. Damit einher ging allerdings auch Unsicherheit über die Bedeutung dieser subjektiven Wahrnehmungen und ihrer Aussagekraft über den Klimawandel. Insgesamt bieten die Ergebnisse Hinweise dafür, dass die Klimawandeldebatte im Alltag bereits eine gewisse Präsenz zu entfalten beginnt.

Unterschiedliche Einordnung der Klimawandeldebatte in den drei Gruppen

In der Einordnung der Debatte über den Klimawandel zeigten sich zwischen den drei Gruppen deutliche Unterschiede: Die Umweltengagierten nahmen die Diskussion um die globale Erwär-

mung als eine Art „Neuaufgabe“ im Diskurs um dringende Umweltprobleme wahr – wie zuvor schon Waldsterben, Atomkraft oder Globalisierungsthemen. Für die Familien mit erhöhtem Armutsrisiko und die Vergleichsgruppe bedeutete die Klimawandeldebatte hingegen eher ein „eigenes“ bzw. ein „neues“ Thema. Darüber hinaus ist bemerkenswert, wie im Folgenden noch weiter diskutiert wird, dass diese Unterschiede Konsequenzen für die Bedeutung der Klimawandeldebatte für das eigene Konsumverhalten haben.

Spürbare Auswirkungen des Klimawandels erst für zukünftige Generationen

Als weiteres übergreifendes Ergebnis lässt sich festhalten, dass mit spürbaren Auswirkungen des Klimawandels erst für die nächste oder übernächste Generation gerechnet und das eigene Lebensumfeld als wenig gefährdet eingeschätzt wird. Damit werden andere Ergebnisse bestätigt, nach denen der Klimawandel überwiegend als potenzielle Bedrohung wahrgenommen wird (siehe z. B. BMU 2008: 25f, Europäische Kommission 2008: 5ff, Europäische Kommission 2009: 6ff).

Klimaanpassung kaum als bedeutsam für individuelles Handeln wahrgenommen

Grundlegend neue Erkenntnisse wurden in Hinblick auf die Bedeutung von Klimaanpassungsmaßnahmen im Alltag der Befragten gewonnen. Dabei wurde deutlich, dass die Themen Klimaschutz und Klimaanpassung in der Wahrnehmung nicht scharf voneinander getrennt werden. Erst bei genauerem Nachfragen war erkennbar, dass die Verantwortung für Anpassungsmaßnahmen vor allem bei der Politik – und etwas weniger stark – bei der Wirtschaft gesehen wurde. Für das eigene Alltagshandeln auf individueller Ebene sahen die Befragten dagegen keine Anpassungsnotwendigkeit und -möglichkeit.

Regionale Frühwarn- und Informationssysteme weitgehend unbekannt

Bei den Befragten waren kaum Kenntnisse über die in der Region zur Verfügung stehenden regionalen Frühwarn- und Informationssysteme für Extremereignisse vorhanden (s. Kap. 4.3 und Kap. 4.4).

Deicherhöhungen breit akzeptiert, Kombination mit anderen Maßnahmen gewünscht

Deicherhöhungen wurden weitgehend übereinstimmend als sinnvolle Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel eingeschätzt. Wichtig war den Befragten dabei, dass sie mit anderen Maßnahmen kombiniert werden sollten, z. B. der Schaffung von Überflutungsflächen, der Nichtbebauung von Überschwemmungsgebieten oder der Renaturierung von Flüssen. Darüber hinaus wurde die Bedeutung sozialer Gerechtigkeit bei der Entwicklung klimawandelbezogener Anpassungsmaßnahmen sowie die Ausweisung von Naturschutzgebieten hervorgehoben (s. Kap. 4.4).

5.5.2 Klimawandel und Konsumverhalten

Klimawandel: neue Impulse für das Nachfrageverhalten nur in einer Gruppe

Mit Blick auf die übergreifende Fragestellung des Forschungsprojekts nach den Auswirkungen des Klimawandels auf das Konsumverhalten ist bemerkenswert, dass nur von den Mitgliedern der Vergleichsgruppe die Klimawandeldebatte explizit als Impuls für Veränderungen ihres Konsumverhaltens angeführt wurde. Dies erscheint deswegen bedeutsam, da die Befragungsergebnisse Hinweise dafür bieten, dass die Mitglieder dieser Gruppe sowohl in ihren Umwelteinstellungen als auch in Hinblick auf ihre sozioökonomische Situation eher im gesellschaftlichen Mainstream liegen. Insofern schließt sich hier die Frage an, ob es sich dabei um eine für klimawandelbezogene Veränderungen des Konsumverhaltens gut ansprechbare Gruppe handelt. Für die beiden anderen Gruppen ließen sich dagegen keine Hinweise für explizit klimawandelbezogene Veränderungen des Konsumverhaltens erkennen. Hauptgründe hierfür waren bei den Umweltengagierten ihre langjährigen Umweltorientierungen bzw. bei den Familien mit erhöhtem Armutsrisiko fehlende ökonomische (und zeitliche) Spielräume.

Vielzahl selbstberichteter konsumbezogener Klimaschutzaktivitäten im Alltag

Auch wenn nur von einem kleinen Teil Veränderungen ihres Konsumverhaltens explizit auf den Klimawandel zurückgeführt wurden, schilderte die Mehrzahl der Befragten klimabezogene Aktivitäten in ihrem Alltag in allen drei Konsumbereichen. Diese wiesen sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede in Art und Umsetzungstiefe innerhalb und zwischen den drei Gruppen auf.

Ernährung: Präferenz saisonaler und regionaler Produkte, Ambivalenz gegenüber Bio-Produkten

Den Aussagen aller Befragten war eine deutliche Bevorzugung regionaler und saisonaler Produkte zu entnehmen, die zum Teil auch mit Klimaschutz begründet wurde. Bio-Produkten wurde dagegen nur ein geringerer Stellenwert eingeräumt. Es zeigte sich zudem eine gewisse Ambivalenz gegenüber Bio-Produkten: Auf der einen Seite gelten sie als Stellvertreter für umweltbewusste und gesunde Ernährung, auf der anderen werden ihre bessere Umweltverträglichkeit und gesundheitlichen Vorteile in Frage gestellt. Verstärkt wird dieses Misstrauen noch dadurch, dass Bio-Produkte im Vergleich zu konventionellen Produkten als deutlich teurer wahrgenommen werden. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch in anderen Studien (UBA 2009c: 33f, WENKE² 2007: 27, WENKE² 2009). Die Aussagen über die hohe Bedeutung regionaler, saisonaler und biologischer Lebensmittel bei den Befragten erstaunen zunächst angesichts ihres anhaltend eher geringen Marktanteils von beispielsweise Bioprodukten, der in Deutschland im Jahr 2009 bei 3,1% lag (BÖLW 2010). Hier ist zu berücksichtigen, dass bei der vorliegenden Studie keine konkreten Anteile regionaler, saisonaler oder biologischer Nahrungsmittel am gesamten Nahrungsmittelkonsum erhoben wurden, es handelte sich vielmehr um allgemein gehaltene Selbsteinschätzungen. Zugleich sind diese Ergebnisse aber auch als Hinweis für die fehlende Transparenz und Kennzeichnung insbesondere regionaler Produkte zu verstehen, die von den Befragten ebenfalls deutlich kritisiert bzw. von ihnen entsprechende Kennzeichnungspflichten gefordert wurden (s. a. Kap. 4.7).

Energie: einerseits höchstes Einsparpotenzial, andererseits Vielzahl an Umsetzungshindernissen

Der Energiebereich wurde auch in dieser Studie als derjenige Bereich mit dem höchsten Einsparpotenzial sowohl in Hinblick auf monetäre als auch auf natürliche Ressourcen angesehen und damit – wie auch von anderen Studien bestätigt (siehe z. B. BMU 2006b und 2008) – als ökologisch-ökonomische win-win-Situation wahrgenommen. In diesem Bereich wurde auch eine große Handlungsbereitschaft für Einsparmaßnahmen formuliert. Darüber hinaus konnten weiterführende Erkenntnisse über die Umsetzungshemmnisse des Energiesparens im Alltag gewonnen werden. Hierzu gehört, dass aus Sicht der Befragten die Erwartungen über die finanziellen Entlastungen der Energiesparaktivitäten nicht erfüllt wurden. Ein weiteres deutliches Hemmnis ist der hohe Aufwand zur Klärung der Rahmenbedingungen insbesondere für weit reichende Investitionen wie z. B. energetische Sanierungsmaßnahmen oder die Installation von Solar- oder Photovoltaikanlagen. Vor allem in der Vergleichsgruppe wurden Energiesparmaßnahmen außerdem mit Komfortverlust verbunden.

Zentrale Haushaltsgerätsteuerung: eher Skepsis wegen Datenschutzprobleme und Verlust an Autonomie

Bezogen auf die Einschätzung der im Moment viel diskutierten intelligenten Stromnetze („smart grids“; s. Kap. 4.8) und der damit verbundenen zentralen Haushaltsgerätsteuerung zeigte sich bei den meisten Befragten wegen möglicher Datenschutzprobleme und eines antizipierten Verlusts an Autonomie deutliche Skepsis. Die Möglichkeit der eigenen externen Steuerung von Haushaltsgeräten z. B. über ein Mobiltelefon wurde hingegen eher befürwortet.

Wahrnehmung von Ökostrom als (zu) teuer

Als ein weiteres übergreifendes Ergebnis dieser Studie ist auf eine deutliche Ambivalenz der Befragten gegenüber Ökostrom hinzuweisen. Auf der einen Seite wird mehrheitlich der Ausbau re-

generativer Energien befürwortet, auf der anderen Seite gilt Ökostrom als (zu) teuer, wird die Preisdifferenz zwischen konventionellem und Ökostrom als höher wahrgenommen als sie es ist. Auch von anderen Studien wird als Diffusionshemmnis für Ökostrom die Wahrnehmung seines Preises bestätigt (WENKE² 2007: 25).

Mobilität als der Bereich mit den größten Hemmnissen für weit reichende Veränderungen

Mobilität lässt sich auch nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie als der Konsumbereich mit den größten Hemmnissen für weit reichende Veränderungen einschätzen (vgl. u. a. GfK 2007, TNS Infratest Politikforschung 2008). Gleichzeitig lassen sich aber auch Hinweise dafür erkennen, dass insbesondere vor dem Hintergrund steigender Kraftstoffpreise energieeffizientere automobiler Nutzungsmuster beispielsweise durch den Verzicht auf Kurzstrecken oder Geschwindigkeitsbegrenzungen stärker als in der Vergangenheit in Erwägung gezogen werden und technologische Innovationen im Automobilsektor auf steigendes Interesse und Kaufbereitschaft stoßen.

Darüber hinaus zeigte sich, dass im Mobilitätsbereich besonders starke Abwägungsprozesse eine wichtige Rolle spielen. Die (schwierige) Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Mobilitätsform wurde dabei von den Mitgliedern der drei Gruppen jeweils unterschiedlich begründet und die unterschiedlichen Einflussfaktoren jeweils unterschiedlich gewichtet: Bei den Umweltengagierten wurde eine „Moralisierung“ des eigenen Verhaltens deutlich. Aufgrund des eigenen Anspruchs, konsequent ressourcenschonend mobil zu sein, diesem jedoch wegen anderer Einflussfaktoren (wie z. B. Zeit, Geld oder Bequemlichkeit etc.) nicht durchgängig gerecht werden zu können, wurde wiederholt von einem „schlechten Gewissen“, von „Sünden“ oder „Schwächen“ gesprochen. Bei den Frauen mit erhöhtem Armutsrisiko hingegen standen bei den Abwägungsprozessen dagegen eher Zeit und Geld im Vordergrund. In der Vergleichsgruppe wiederum spielten verschiedene Faktoren in die Entscheidung für ein bestimmtes Fortbewegungsmittel hinein. Hierbei wurde zum Teil auch explizit der Klimawandel als Grund für Verhaltensänderungen z. B. den Umstieg vom Auto auf das Fahrrad angeführt.

Die empirischen Daten legen nahe, dass aus Sicht der Befragten ihr aktuelles Mobilitätsverhalten das unter den heutigen Rahmenbedingungen und unter Abwägung der zahlreichen Einflussfaktoren subjektiv Machbare darstellt. Für weitergehende Veränderungen wurde von allen drei Gruppen der qualitative und quantitative Ausbau des ÖPNV gefordert, die Alleinerziehenden erhoben zudem die Forderung nach einer kostenlosen Nutzung des ÖPNV für schulpflichtige Kinder.

Konsumentensicht auf Innovationen in den Clustern des Forschungsverbands ‚nordwest2050‘

Die Erhebungsergebnisse bieten zudem Einschätzungen und Hinweise aus Konsumentenperspektive für die Richtung und Ausgestaltung von Innovationen in den drei Clustern Ernährungswirtschaft (s. a. Kap. 4.7), Energiewirtschaft (s. a. Kap. 4.8) und Hafenwirtschaft & Logistik (s. a. Kap. 4.9) des Forschungsverbands ‚nordwest2050‘:

- Cluster **Ernährungswirtschaft**: Aufgrund des Interesses der Teilnehmenden an regionalen und saisonalen Produkten, der - besonders auch im Kontext des Klimawandels - positiven Bewertung derselben hinsichtlich ihrer Emissionsbilanz sowie der explizit geforderten besseren oder deutlicheren Kennzeichnung dieser Produkte, könnte ein Potenzial für die Ernährungswirtschaft der Metropolregion in einer optimierten Kennzeichnung regionaler Produkte und einem präserteren und intensiveren Marketing derselben liegen.
- Cluster **Energiewirtschaft**: Im Bereich Energie lassen die Aussagen der Teilnehmenden auf eine besonders hohe Bereitschaft zur Umsetzung ressourcensparender Innovationen schließen. Von allen Gruppen wurden ein großes Interesse und eine hohe Bereitschaft für Maßnahmen zur Energieeinsparung geäußert. So wurde auch die potenzielle Möglichkeit der eigenen Energieerzeugung sehr positiv bewertet. Hierfür wäre es aber nach den empirischen Ergebnissen außerordentlich wichtig, die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für das Erschließen dieses Potenzials genauer zu

klären, um den von den meisten als sehr hoch empfundenen Aufwand zur Bearbeitung der schwer durchschaubaren Fülle an Informationen und Ratgebern zu reduzieren.

- Cluster **Hafenwirtschaft & Logistik** - Konsumbereich Mobilität: Im Bereich Mobilität formulierten alle Gruppen übereinstimmend die vehemente Forderung nach einem qualitativen und quantitativen Ausbau des ÖPNV sowie nach einer schnelleren Marktzugänglichkeit technischer Innovationen.

5.5.3 Konsum im Spannungsverhältnis von Klimawandel und Preisanstiegen

In Hinblick auf den Einfluss der Intensivierung der Klimawandeldebatte auf das Konsumverhalten ist zunächst festzuhalten, dass diese im Alltag bei der Mehrzahl der Befragten nur bedingt handlungsleitend wirkt, wobei dies in den drei Gruppen auf unterschiedliche Gründe zurückgeführt werden kann. Weiterhin zeigten sich vor dem Hintergrund der unterschiedlichen ökonomischen Situation der drei Gruppen deutliche Unterschiede in der persönlichen Betroffenheit durch die Preisanstiege und ihre Folgen für (nachhaltigen) Konsum.

Unterschiedliche Reaktionen auf den Klimawandel und die Preisanstiege in den drei Gruppen

Die Umweltengagierten sehen durch den Klimawandel bzw. durch die Intensivierung der Klimawandeldebatte keine neuen Impulse für Verhaltensänderungen, sondern fühlen sich vielmehr in ihrer nachhaltigen Lebensweise bestätigt und bestärkt. Die Preisanstiege scheinen sich nicht auf ihre Nachfrage nach ökologischen und energieeffizienten Produkten auszuwirken. Wenn überhaupt unterstützen diese im Energiebereich ihr Bestreben, Energie zu sparen im Sinne eines „weniger konsumieren“. Die Umweltengagierten vermitteln den Eindruck einer „Öko-Avantgarde“, zugleich zeigen sich auch bei ihnen Konflikte zwischen (Umwelt-)Einstellungen und Verhalten.

Die Klimawandeldebatte beeinflusst dagegen kaum das Konsumverhalten bei der Mehrzahl der Familien mit erhöhtem Armutrisiko und wirkt sich auch nicht erkennbar auf die Nachfrage nach ökologisch optimierten Produkten aus. In dieser Gruppe zeigt sich jedoch eine stark kostengetriebene Reduzierung des Verbrauchs an direkten Ressourcen, insofern bewirken die Preisanstiege verstärkte Bemühungen eines nachhaltigen Konsums im Bereich „weniger konsumieren“. Diese Gruppe gehört damit eher zu einer „unfreiwilligen Öko-Avantgarde“, die gezwungenermaßen ihren direkten Ressourcenverbrauch in den Konsumbereichen Energie und Mobilität reduzieren.

Einzig in der Vergleichsgruppe wurden neue Impulse für Veränderungen in den Konsummustern explizit auf die Klimawandeldebatte zurückgeführt. Damit wurden sowohl Veränderungen auf der Ebene „anders konsumieren“ als auch „weniger konsumieren“ begründet, wobei der Klimawandel in den Kontext des Zusammenspiels vielfältiger Einflussfaktoren (wie z. B. Ressourcenschutz, Gesundheit, Zeit, Komfort und Geld) gestellt wurde. Die Preisanstiege wurden auch in dieser Gruppe als Impuls zur Reduzierung des Verbrauchs an direkten Ressourcen eingeschätzt.

Wie schon erwähnt, verdeutlichen die Ergebnisse der Erhebung zudem, dass alle drei Gruppen einen ganz eindeutigen Fokus auf Klimaschutz und nicht auf Klimaanpassung im Rahmen ihres persönlichen Konsumverhaltens hatten: Insgesamt fanden sich kaum Hinweise für Maßnahmen der persönlichen Anpassung an den Klimawandel im Alltag der Teilnehmenden.

5.5.4 Klimawandel, Konsum und regionale Vulnerabilitätsaspekte

Die empirischen Ergebnisse lassen Aussagen für die Vulnerabilität der Region auf unterschiedlichen Ebenen zu. Das betrifft zum einen die Frage nach dem Verhältnis zwischen Klimawandeldebatte, Preisanstiegen und (nachhaltigem) Konsum. Zum anderen umfassen sie Aussagen zu den möglichen Folgen des Klimawandels für die Attraktivität der Region (s. a. Kap. 4.10) und zur sozialen Kohäsion, die ebenfalls als bedeutsam für die Vulnerabilität der Region gelten können. Bemerkenswert an diesen Aussagen ist, dass sie von den Teilnehmenden selbst als neue Aspekte im Rahmen der Fokusgruppen und Befragungen eingebracht wurden.

Konsum in Zeiten des Klimawandels: eher anders als weniger konsumieren

Interessant für die Debatte über den Einfluss der Klimawandeldebatte auf nachhaltige Konsummuster sind erste Hinweise, dass die Klimawandeldebatte in der Wahrnehmung und bei den Assoziationen der Befragten zunächst überwiegend auf die Ebene „anders konsumieren“ bezogen wurde. Hintergrund ist die überwiegende und konsumbereichsübergreifende Wahrnehmung in allen drei Gruppen, dass ökologische oder/und klimaschonendere Produkte und Dienstleistungen teurer als konventionelle sind. Insofern gilt die Integration ökologischer und/oder klimawandelbezogener Anforderungen in das Konsumverhalten als stark beeinflusst von den ökonomischen Spielräumen. Die andere Ebene nachhaltigen Konsums „weniger konsumieren“ wird dagegen eher auf den direkten Verbrauch natürlicher Ressourcen insbesondere in den Bereichen Mobilität und Energie und die Verknüpfung ökologischer mit ökonomischen Zielen bezogen und weniger explizit in den Zusammenhang eines klimaschonenden Konsumverhaltens gestellt.

Vulnerabilität der Region: derzeit kein Einfluss durch klimawandelbezogene Veränderungen des Konsums erkennbar

Insgesamt lässt sich für alle drei Gruppen festhalten, dass der Klimawandel derzeit keine substanziellen Veränderungen im Konsumverhalten bewirkt. Insofern ist davon derzeit auch (noch) kein besonderer Einfluss auf die Vulnerabilität der Region zu erwarten. Mit Blick auf die Preisanstiege bieten die Ergebnisse Hinweise für zwei mögliche Entwicklungstendenzen bei weiteren Preisanstiegen: Diese können einerseits insbesondere in den Gruppen mit mittlerem oder geringem Einkommen die Nachfrage nach klimafreundlichen Produkten schwächen, da diese überwiegend als (zu) teuer gelten, so dass ihre Bedeutung bei enger werdenden finanziellen Spielräumen abnimmt. Daraus lassen sich auch mögliche (negative) Konsequenzen für die Anbieter und Hersteller solcher Produkte insbesondere im Bereich der regionalen Ernährungswirtschaft und ihrer Vulnerabilität vermuten. Zum anderen ist zu erwarten, dass bei weiteren Preissteigerungen der Spardruck auf den Verbrauch direkter natürlicher Ressourcen zunimmt, die einerseits mit möglichen ökologischen Entlastungen und andererseits mit möglichen sozialen Belastungen für die soziale Gerechtigkeit verbunden sein können.

Klimawandel einerseits: besonderes Risiko für die Nordwest-Region und ihre Attraktivität

Als übergreifendes Ergebnis ist zunächst festzuhalten, dass alle Befragte im Klimawandel sowohl Chancen als auch Risiken für die Nordwest-Region sahen, wobei die Risiken überwogen. Aufgrund ihrer Nähe zum Meer (und den damit einhergehenden potenziell zunehmenden Überschwemmungen und Sturmfluten: s. Kap. 4.4) wurde die Nordwest-Region als besonders durch Folgeschäden des Klimawandels betroffen eingeschätzt. Als ein potenzielles Risiko wurde dabei die Beeinträchtigung der Wohnorte in Küsten- und Flussnähe genannt: Aufgrund zunehmender Überschwemmungen und Sturmfluten wurde die Sicherheit dieser Orte angezweifelt bzw. es wurde vermutet, dass zunehmende Probleme mit Wasser die Attraktivität dieser Orte stark einschränken könnten. Im Kontext der Folgen des Klimawandels wurde zudem mit möglichen Veränderungen des Landschaftsbildes gerechnet, beispielsweise indem durch Überschwemmungen bestimmte Gebiete nicht mehr nutzbar sein könnten (s. Kap. 4.10).

Klimawandel andererseits: neue Chancen für Tourismus, Landwirtschaft und Windenergiebranche in der Nordwest-Region

Diskutiert wurden auch Veränderungen des landwirtschaftlichen Anbauspektrums. Neben dem potenziellen Risiko, dass bestimmte Nutzpflanzen bei steigenden Temperaturen nicht mehr angebaut werden könnten, wurden hier auch positive Aspekte gesehen (s. Kap. 4.7). Dies betraf vor allem Erweiterungen des landwirtschaftlichen Produktportfolios bis hin zu der Vision, dass sich Norddeutschland zur Weinanbauregion entwickeln könnte. Eine große Chance wurde weiterhin im vehementen Ausbau regenerativer Energien als indirekte Auswirkung des Klimawandels gesehen (v. a. Windenergie: s. Kap. 4.8). Hierbei wurde mit einem Ausbau des Wirtschaftsstandortes und einer damit einhergehenden Steigerung von Arbeitsplätzen gerechnet. Eine weitere Chance für die Region wurde in der Steigerung ihrer Attraktivität für den Tourismus aufgrund wärmerer Temperaturen gesehen (s. Kap. 4.10).

Angst vor zunehmender sozialer Spaltung als indirekte Folge des Klimawandels

Ein bemerkenswertes Ergebnis mit Relevanz für die Vulnerabilität der Region stellen die Befürchtungen der Befragten über zunehmende soziale Disparitäten und Schwächung des sozialen Zusammenhalts als indirekte Folge des Klimawandels dar. Mit Blick auf die angespannte Lage der öffentlichen Haushalte wurde zum einen die Gefahr gesehen, dass die Kosten für Klimaanpassung und Klimaschutz zu Lasten des Sozialertrags gehen könnten. Zum anderen wurde angesichts weiter steigender Energiekosten eine Verschärfung der sozialen Ungleichheit befürchtet, die zur „Energiearmut“ einkommensschwacher Gruppe verbunden mit dem zunehmenden Risiko ihrer sozialen Ausgrenzung führen könne. Diese Diskussion über ein weiteres Auseinanderdriften der Gesellschaft und den Verlust des sozialen Kitts wurde insbesondere von den Familien mit erhöhtem Armutsrisiko sowie zum Teil auch von den Umweltengagierten geführt. Sie verweist auf die Notwendigkeit, bei der Entwicklung von Maßnahmen zum Schutz des Klimas und zur Klimaanpassung auch Fragen der sozialen Gerechtigkeit zu berücksichtigen.

5.5.5 Fazit

Zusammenfassend lassen sich folgende Erkenntnisse als besonders bedeutsam festhalten: So verweisen die empirischen Ergebnisse erstens auf die Notwendigkeit, bei der im Forschungsverbund ‚nordwest2050‘ geplanten Entwicklung einer Roadmap of Change und bei der Gestaltung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel Fragen sozialer Gerechtigkeit mit zu berücksichtigen, um zu vermeiden, dass soziale Disparitäten, wie sie in der Region bereits bestehen, durch Klimaanpassungsmaßnahmen weiter verschärft werden. Als zweite übergreifende Erkenntnis legen die Ergebnisse nahe, dass eine frühzeitige Einbindung der Konsumentenperspektive in die Entwicklung der clusterspezifischen Innovationen dazu beitragen kann, im Vorfeld Anforderungen von Konsumenten/innen und mögliche Probleme ihrer Umsetzung zu erkennen, um ihre Akzeptanz und Integration in den Alltag zu unterstützen.

Insbesondere für den Arbeitsbereich Öffentlichkeitsarbeit/Kommunikation des Forschungsverbundes ‚nordwest2050‘ sind die Ergebnisse von Bedeutung, nach denen die Befragten mit dem Klimawandel sowohl Chancen als auch Risiken für die Region verbinden und sie noch kaum zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung unterscheiden. Der Schwerpunkt der individuellen klimawandelbezogenen Reaktionen liegt nach den Ergebnissen bislang eindeutig im Bereich Klimaschutz, für Maßnahmen der Klimaanpassung werden derzeit insbesondere die Politik und die Wirtschaft in der Verantwortung gesehen. Hier wurde für die Region die Notwendigkeit von Deicherhöhungen als Anpassungsmaßnahme gesehen (s. Kap. 4.4), allerdings häufig betont, dass diese mit anderen Maßnahmen zu verbinden seien.

Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, dass die vorgestellten empirischen Erkenntnisse zunächst nur für die drei ausgewählten Untersuchungsgruppen aussagefähig sind. Sie lassen sich weder für die Bevölkerung in der MPR HB-OL noch darüber hinaus verallgemeinern. Hierfür müssten die Ergebnisse der explorativen qualitativen Studie mit Hilfe einer repräsentativen Untersuchung überprüft werden. Dabei könnte auch der Einfluss sozioökonomischer und raumbezogener Faktoren auf die Wahrnehmung des Klimawandels und seiner Folgen in der Region bestimmt und die Ergebnisse für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen in der MPR HB-OL, z. B. bezogen auf Alter, Geschlecht und Lebenslage differenziert werden.

Weiterhin ist bei den Ergebnissen zu berücksichtigen, dass die gewonnenen empirischen Daten ausschließlich auf selbst berichtetes Verhalten der Befragten basieren und deren subjektiven Bewertungen und Wahrnehmung wiedergeben. Es können daher keine Rückschlüsse auf das tatsächliche Verhalten gezogen werden oder genaue Anteile bzw. der genaue Stellenwert klimafreundlichen Konsumverhaltens ermittelt werden. Zudem ist bei den Antworten auch immer mit Aspekten sozialer Erwünschtheit zu rechnen. Vor allem bei moralisch aufgeladenen Themen wie dem persönlichen Umweltverhalten tendieren Befragte dazu, ihre Antworten zu „verschönen“. Dies muss bei der Einschätzung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

6. Zusammenfassende Darstellung der VA-Ergebnisse

Stefan Wittig, Bastian Schuchardt, Frank Bachmann, Tim Bildstein

Im folgenden Kapitel werden die Bewertungsergebnisse für die potenziellen Auswirkungen, die Anpassungskapazität und die daraus resultierende Vulnerabilität zusammenfassend dargestellt. Wie schon erwähnt, ist aufgrund der qualitativen Methode bezüglich der Bewertung (Experten- und Praxispartnereinschätzung) ein Vergleich der einzelnen Sektoren oder Bereiche nicht möglich. Das bedeutet, dass die Einschätzung der sektoralen Vulnerabilitätshöhe nur erste Hinweise auf vordringliche Vulnerabilitätsaspekte der MPR HB-OL, die möglicherweise auch vordringliche Anpassungsbedarfe indizieren, liefern kann.

Dennoch erscheint u. E. die Darstellung der aus den betrachteten Wirkpfaden resultierenden Vulnerabilität der Sektoren für die Region insofern sinnvoll, als so Bereiche identifiziert werden können, denen im Zuge der Erstellung einer integrierten Anpassungsstrategie und darüber hinaus für die sog. „Roadmap of Change“ besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte bzw. für die – mit aller Vorsicht – Handlungsbedarf kurzfristig weniger notwendig erscheint. Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsbewertung können also in der Art interpretiert werden, als sie insbesondere dort, wo die potenziellen Auswirkungen hoch sind und die Anpassungskapazität als gering eingeschätzt wird, eine weitergehende Betrachtung der Konsequenzen des Klimawandels für die Region notwendig erscheinen lassen.

6.1 Risiken des Klimawandels

Im Folgenden werden die im Kapitel 4 im Detail aufgeführten drei Bewertungsschritte der VA (potenzielle Auswirkungen, Anpassungskapazität und Vulnerabilität) zusammengeführt, wobei in Tabelle 16 die Sektoren mit *geringer* oder *gering bis mittlerer* Vulnerabilität, in Tabelle 17 die mit *mittlerer* Vulnerabilität und in Tabelle 18 die mit *mittel bis hoher* oder *hoher* Vulnerabilität zusammengefasst sind.

Die Einschätzung der *geringen* bzw. *gering bis mittleren* Vulnerabilität der in Tabelle 16 aufgeführten Sektoren beruht auf einer *mittleren*, einer *mittel bis hohen* oder einer *hohen* Anpassungskapazität. Wird die Anpassungskapazität nur als mittel eingeschätzt, so ist in den entsprechenden Sektoren von *geringen* oder *gering bis mittleren* potenziellen Auswirkungen auszugehen.

So wird zum Beispiel in der **Ernährungswirtschaft** für die Wertschöpfungsketten (WSK) der **Schweinefleisch-** und **Geflügelwirtschaft** die Vulnerabilität auf den Wertschöpfungskettenstufen (WSKS) Vorproduktion, Verarbeitung sowie Handel und Konsum nur als *gering* bzw. als *gering bis mittel* eingeschätzt. Diese Unterschiede bei der Vulnerabilität beruhen darauf, dass der Futtermittelanbau als ein Teil der Vorproduktion deutlich stärker von den naturräumlichen Klimaauswirkungen betroffen ist als die Stufen Verarbeitung sowie Handel und Konsum. Ebenfalls impliziert die Vorproduktion weitere unterstützende Vorleistungen und Dienstleistungen, die von geringeren Auswirkungen betroffen sind. Aufgrund dieser Differenzen innerhalb der WSKS führt eine gering bis mittlere Anpassungskapazität auch nur zu einer *gering bis mittleren* Vulnerabilität. Durch die vorhandenen technischen Steuerungs- und Anpassungsmöglichkeiten der nachgelagerten Stufen ist mit abnehmenden Auswirkungen und besseren Möglichkeiten zur Anpassung in Richtung der WSKS Weiterverarbeitung sowie Handel und Konsum zu rechnen. Trotz dieser *geringen bis mittleren* Vulnerabilität ist in diesen beiden WSK zur Gewährleistung effektiver langfristig tragfähiger Anpassungsmaßnahmen eine noch intensivere kettenübergreifende Zusammenarbeit und Bereitschaft notwendig, um auch die indirekten potenziellen Auswirkungen des Klimawandels innerhalb der Kette bewältigen zu können (Akamp & Schattke 2011; Akamp et al. 2011).

Die *geringe* Vulnerabilität der WSK **Milchwirtschaft** resultiert aus den *geringen* potenziellen Auswirkungen und der *mittleren bis hohen* Anpassungskapazität. Durch die moderaten Klimaveränderungen sind für die regionale Futtermittelmittelerzeugung nur wenige Nachteile erkennbar; hiervon profitiert die Milchwirtschaft. Ausnahme ist hier allerdings die WSKS Produktion, für die von Mesterharm (2011) nur eine *geringe* Anpassungskapazität identifiziert worden ist. Die anderen WSKS der Milchwirtschaft werden von den Klimawirkungen nur *gering bis mittel* beeinflusst und die Anpassungskapazität ist *mittel* oder sogar *mittel bis hoch* (s. Kap. 4.7.1).

Die WSK der **Fischwirtschaft** (Fischerei und Aquakultur) ist insgesamt von einer *geringen bis mittleren* Vulnerabilität gekennzeichnet. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass diese (konservative) Bewertung auf Grund bestehender wissenschaftlicher Lücken (z. B. Auswirkungen der klimawandelbedingten Veränderungen auf Fischpopulationen und die marinen Ökosysteme insgesamt) moderat ausfällt. Werden sich in Zukunft bestimmte Schlüsselparameter verändern und „Kettenreaktionen“ auslösen, die zudem von sozioökonomischen Entwicklungen wie einer steigenden Weltbevölkerung und einer bestehenden Überfischungsproblematik (Abnahme der natürlichen Anpassungskapazität) verstärkt werden, steigt der Grad der Vulnerabilität.

Grundsätzlich kann bereits jetzt konstatiert werden, dass die Vulnerabilität der WSK **Fischerei** im Vergleich mit der WSK **Aquakultur** etwas höher ausfällt, da die potenziellen Auswirkungen höher eingeschätzt werden, während gleichzeitig die Anpassungskapazität geringer ist; mögliche positive Auswirkungen für die Fischerei durch das Einwandern neuerer Arten werden hier nicht berücksichtigt, da diesbezüglich noch zu große Unsicherheiten bestehen. Für beide WSK spielen die Abhängigkeitsstrukturen zwischen den WSKS sowie im Besonderen die Gatekeeper-Position des Einzelhandels und die Einkaufsmacht der Konsumenten eine wichtige Rolle. Zusätzlich werden sie deutlich von den europäisch sowie international festgelegten Fangrechten und -quoten beeinflusst, welches die Handlungsspielräume der Fischerei und Aquakultur beschränkt. Die Kombination aus sozioökonomischen Entwicklungen, den Auswirkungen der Überfischung und den klimawandelbedingten Veränderungen reduziert insgesamt die Produktivität der Fischwirtschaft (Beermann 2011a; Beermann 2011b).

Die Vulnerabilitätsbewertung für die WSKS der regionalen **Energiewirtschaft** bezüglich des Klimawandels kann neben der Tabelle 16 dem Kapitel 4.8 entnommen werden. Eine Aggregation auf WSK-Ebene wird nicht für sinnvoll erachtet. Eine *geringe* Vulnerabilität zeigen die betrachteten WSKS Roh- und Brennstoffversorgung aus Steinkohle und Erdgas sowie Logistik und Transport für Steinkohle und Erdgas (zusammengefasst als Primärenergie) sowie die Energienachfrage/-anwendung für Kälte und dezentrales Lastmanagement. In Kapitel 4.8 finden sich auch die Ergebnisse zur strukturellen Vulnerabilität (als eine Beschreibung der prinzipiellen Anfälligkeit auf Grund der Systemstruktur), die in den meisten Fällen höher eingeschätzt und für zwei WSKS sogar mit *hoch* bewertet worden ist.

Im Sektor **Hafenwirtschaft & Logistik** ist für die Elemente der betrieblichen Wertschöpfungsketten (z. B. Transportmittel, Kräne oder Lagerflächen) von *mittleren* potenziellen Auswirkungen auszugehen, da v. a. Extremereignisse Schäden an den Betriebsmitteln verursachen können. Die als gut eingeschätzte Vernetzung der betroffenen Akteure, die den Erfahrungsaustausch gewährleistet und die Innovationsfähigkeit steigert, führt zu einer hohen Anpassungskapazität, so dass die Vulnerabilität als *gering* bewertet werden kann.

Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung der Sektoren, für die die Bewertung der Vulnerabilität **gering** oder **gering bis mittel** ergeben hat (WSK = Wertschöpfungskette; WSKS = Wertschöpfungskettenstufe).

Sektor	Wirkpfade / Sensitivitätsaspekte bzw. WSK / WSKS	potenzielle Auswirkungen	Anpassungskapazität	Vulnerabilität
menschliche Gesundheit	Hitzeperioden, Extremereignisse	mittel-hoch	hoch	gering-mittel
	Infektionskrankheiten, Allergene	gering-mittel	mittel-hoch	gering
Bauwesen	Temperatur, Wasser und Feuchtigkeit, Wind, Wetterextreme	gering-mittel	mittel	gering-mittel
Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz	Klimatische Wasserbilanz: Wassermanagement (Geest)	gering-mittel	mittel-hoch	gering
	Tidewasserstände: Wassermanagement (Marsch)	gering-hoch	mittel-hoch	gering-mittel
	Wasserqualität: Gewässerschutz und Wasserressourcen	mittel	mittel-hoch	gering-mittel
Küstenschutz	Sicherheitsniveau und potenzielle Schäden für moderaten Anstieg der Wasserstände	gering	hoch	gering
Ernährungswirtschaft	WSK Milchwirtschaft: WSKS Vorproduktion*	mittel	mittel-hoch	gering
	WSK Milchwirtschaft: WSKS Verarbeitung	gering	mittel	gering
	WSK Milchwirtschaft: WSKS Handel und Konsum	gering	mittel-hoch	gering
	WSK Schweinefleischwirtschaft: WSKS Vorproduktion*	mittel	gering-mittel	gering-mittel
	WSK Schweinefleischwirtschaft: WSKS Verarbeitung	gering	mittel-hoch	gering
	WSK Schweinefleischwirtschaft Handel und Konsum	gering	mittel-hoch	gering
	WSK Geflügelwirtschaft: WSKS Vorproduktion*	mittel	gering-mittel	gering-mittel
	WSK Geflügelwirtschaft: WSKS Verarbeitung	gering	mittel-hoch	gering
	WSK Geflügelwirtschaft: WSKS Handel und Konsum	gering	mittel-hoch	gering
	WSK Fischwirtschaft: WSKS Vorproduktion Aquakultur*	mittel	mittel	gering
	WSK Fischwirtschaft: WSKS Verarbeitung*	mittel	mittel	gering-mittel
	WSK Fischwirtschaft: WSKS Handel und Konsum	gering	mittel-hoch	gering
Energiewirtschaft**	WSKS Primärenergie aus Steinkohle	gering	mittel	gering
	WSKS Primärenergie aus Erdgas	gering	mittel	gering
	WSKS Energieanwendung - Kälteanwendung	gering	mittel	gering
	WSKS Energieanwendung - dezentrales Lastmanagement	mittel	hoch	gering
Hafenwirtschaft & Logistik	Elemente der betrieblichen WSK	mittel	hoch	gering
Tourismuswirtschaft	Destinationswahl, Aktivitäten, Infrastruktur	gering-mittel	mittel-hoch	gering

*Bewertung aufgrund abweichender Einschätzungen nicht nach Bewertungsmatrix (Tabelle 1): vgl. zur Begründung Akamp & Schatke (2011); Beermann (2011a) und Mesterharm (2011).

**Es sind nur die Ergebnisse zur klimawandelbezogenen Vulnerabilität dargestellt; die Ergebnisse zur strukturellen Vulnerabilität sind Kap. 4.8 zu entnehmen;

Für den Sektor **Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz** (s. a. Kap. 4.3) muss als Besonderheit der in Tabelle 16 dargestellten Bewertung darauf hingewiesen werden, dass hier *gering bis hohe* Auswirkungen bezüglich der klimawandelbedingt veränderten Tidewasserstände möglich erscheinen. Dieses beruht darauf, dass die Spanne der möglichen mittleren Wasserstandsänderungen sehr groß ist (s. Tabelle 19 im Anhang) und sich entsprechend für das Wassermanagement in der Küstenniederung (Zu- und Entwässerung) bei Betrachtung der unteren Spannweite *geringe* und für die oberen Spannweiten *hohe* Auswirkungen auftreten können. Dieses trifft auch für den **Küstenschutz** zu, wobei hier sowohl die Spannweiten insbesondere für die Sturmflutwasserstände noch größer sind, als auch die daraus resultierenden potenziellen Auswirkungen für das Sicherheitsniveau der Küstenschutzelemente und die Höhe der potenziellen Schäden beim Versagen der Küstenschutzelemente (s. a. Kap. 4.4). Zusätzlich resultieren für den Küstenschutz aus den Spannweiten, die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Wasserstandsänderungen bedeuten (s. Tabelle 19 im Anhang), auch eine differenzierte Bewertung der Anpassungskapazität. Während für die untere Spannweite aufgrund der schon begonnenen Anpassung die Anpassungskapazität als *hoch* eingeschätzt werden kann, ist das für die obere Spannweite anders zu bewerten: hier wären möglicherweise neue Anpassungsstrategien im Küstenschutz zu entwickeln, für die eine *geringe bis mittlere* Anpassungskapazität eingeschätzt worden ist (Tabelle 16 und Tabelle 17).

Für die in Tabelle 16 dargestellten Sektoren bzw. die betrachteten WSK erscheint aufgrund der Vulnerabilitätseinschätzung kurz- bis mittelfristig eher geringer Handlungsbedarf für Anpassung zu bestehen, weil entweder die potenziellen Auswirkungen vergleichsweise gering ausfallen oder die gesellschaftliche Anpassungskapazität als eher hoch eingeschätzt wird. Das bedeutet, dass die Wirkungen des Klimawandels nach derzeitigem Wissensstand entweder vergleichsweise geringe neue Herausforderungen an die Akteure der betrachteten Sektoren stellen und die Fähigkeit der gesellschaftlichen Bereiche diese Wirkungen zu beherrschen vorhanden ist bzw. der Umgang mit ihnen schon begonnen wurde. Dennoch kann v. a. dort auch schon heute sehr wohl Handlungsbedarf bestehen, wo eine langfristige und nachhaltige Perspektive notwendig ist. Es treten zwar weniger direkte „Störereignisse“ auf, dass frühzeitige „Mitdenken“ des langfristig wirkenden Klimawandels kann aber trotzdem eine neue Herausforderungen bedeuten (s. a. Kap. 7.1).

Alle in Tabelle 17 dargestellten Sektoren besitzen *mittlere* potenzielle Auswirkungen und eine *mittlere* Anpassungskapazität. Die resultierende Vulnerabilitätsbewertung fällt unter Berücksichtigung der in Tabelle 1 dargestellten Bewertungsmatrix dementsprechend *mittel* aus. Die Sektoren **Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz** sowie **Ernährungswirtschaft** stellen auch hier eine Besonderheit dar: Für den Sektor Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz gilt, dass die potenziellen Auswirkungen durch klimawandelbedingt veränderte Intensität von Starkregenereignissen und die Anpassungskapazität des Wassermanagements, des Binnenhochwasserschutzes und der Siedlungswasserwirtschaft im Umgang mit solchen Starkregenereignissen als *mittel bis hoch* bewertet werden müssen (Details s. Kap. 4.3). Unter Anwendung der Bewertungsmatrix (s. Tabelle 1) ergäbe sich daraus für die Vulnerabilitätsbewertung eine Einstufung zwischen gering und hoch. Aufgrund der hohen Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Ausprägung von Extremereignissen (s. Kap. 5.1) wurden die „Ausreißer“ (also *mittlere* Auswirkungen bei *hoher* Anpassungskapazität und *hohe* Auswirkungen bei *mittlerer* Anpassungskapazität) herausgenommen und daher insgesamt eine mittlere Vulnerabilität abgeleitet (s. Tabelle 17). Für die ernährungswirtschaftlichen WSKS Produktion gilt, dass die Bewertungen der potenziellen Auswirkungen und der Anpassungskapazität jeweils in Grenzbereichen liegen, die nicht in der Matrix konkret zugeteilt werden konnten. Hier führten dann inhaltlichen Argumentationen (s. Kap. 4.7) zu der vorliegenden Einschätzung einer *mittleren* Vulnerabilität.

Tabelle 17: Zusammenfassende Darstellung der Sektoren, für die die Bewertung der Vulnerabilität **mittel** ergeben hat (WSK = Wertschöpfungskette; WSKS = Wertschöpfungskettenstufe).

Sektor	Wirkpfade / Sensitivitätsaspekte	potenzielle Auswirkungen	Anpassungskapazität	Vulnerabilität
Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz	Starkregen: Binnenhochwasserschutz, Siedlungswasserwirtschaft	mittel-hoch	mittel-hoch	mittel
Bodenschutz	Wasser- und Stoffhaushalt, Humusgehalt, Biodiversität, Verdichtung, Erosion und Bodenfunktionen	mittel	mittel	mittel
Ernährungswirtschaft	WSK Milchwirtschaft: WSKS Produktion**	gering-mittel	gering	mittel
	WSK Schweinefleischwirtschaft: WSKS Produktion**	mittel	gering-mittel	mittel
	WSK Geflügelwirtschaft: WSKS Produktion	mittel-hoch	mittel-hoch	mittel
	WSK Fischwirtschaft: WSKS Vorproduktion Fischereierzeugnisse**	gering-mittel	mittel	mittel
Energiewirtschaft*	WSKS Primärenergie aus Biomasse	mittel	mittel	mittel
	WSKS Leitungsgebundene Verteilung von Strom	mittel	mittel	mittel
	WSKS Leitungsgebundene Verteilung von Erdgas	mittel	mittel	mittel
	WSKS Leitungsgebundene Verteilung von Fernwärme	mittel	mittel	mittel
Hafenwirtschaft & Logistik	Strukturelle Verschiebungen	mittel	mittel	mittel
	Raumfunktion	mittel	mittel	mittel
Raumplanung	Siedlungsräume und Extremwetterereignisse, Vorsorge für Biodiversität und Naturschutz, Wassermanagement und Schutz der Wasserressourcen, Flächen- und Risikovorsorge für Hochwasser- und Küstenschutz	mittel	mittel	mittel
Bevölkerungs- und Katastrophenschutz	Extremwetterereignisse und Kritische Infrastrukturen; Gesundheitsversorgung und Infektionskrankheiten	mittel	mittel	mittel

*Es sind nur die Ergebnisse zur klimawandelbezogenen Vulnerabilität dargestellt; die Ergebnisse zur strukturellen Vulnerabilität sind Kap. 4.8 zu entnehmen;

**Bewertung aufgrund abweichender Einschätzungen nicht nach Bewertungsmatrix (Tabelle 1): vgl. zur Begründung Akamp & Schatke (2011); Beermann (2011a) und Mesterharm (2011).

Für die in Tabelle 17 dargestellten Sektoren bzw. WSKS erscheint aufgrund der Vulnerabilitätseinschätzung sowohl mittel- als auch langfristig größerer Handlungsbedarf für Anpassung zu bestehen, da trotz *mittlerer* potenziellen Auswirkungen die gesellschaftliche Anpassungskapazität nur als *mittel* eingeschätzt worden ist. So ist z. B. in der **Hafenwirtschaft & Logistik** v. a. für sektoral ausgerichtete Häfen durch die Abwanderung von Schlüsselakteuren innerhalb der Wertschöpfungskette ein Kompetenzverlust möglich (strukturelle Verschiebungen) und kann die heutige wirtschaftliche Position durch überregionale Konkurrenz verloren gehen (Raumfunktion). Diesen als *mittel* bewerteten Auswirkungen kann zwar durch leistungsfähige regionale Strukturen und institutionelle Kapazität begegnet werden, die föderalen Strukturen beeinträchtigen aber deren Arbeitsfähigkeit, so dass eine Reduktion der *mittleren* Vulnerabilität Handlungsbedarf verursacht (vgl. a. Kap. 4.9). In der **Milchwirtschaft** wird die WSKS Produktion mit einer *mittleren* Vulnerabilität bewertet. Dies resultiert insbesondere aus dem negativen Einfluss steigender Tem-

peraturen auf die Milchviehhaltung. Dasselbe gilt auch für die Produktion in der **Schweine- und Geflügelwertschöpfungskette**. Während die potenziellen Auswirkungen insgesamt dort als höher eingeschätzt werden konnten, lässt sich allerdings eine höhere Anpassungskapazität beispielsweise durch gute technische Steuerungsmöglichkeiten festhalten. Die *mittlere* Vulnerabilität im Rahmen der Fischerei lässt sich auf die unmittelbare Betroffenheit der Fischerei von natürlichen Veränderungen und einer damit einhergehend hohen Abhängigkeit begründen.

Bei den in Tabelle 18 dargestellten Sektoren bzw. den spezifischen Wirkpfaden oder Sensitivitätsaspekten besteht aufgrund der Vulnerabilitätseinschätzung wahrscheinlich der größte Handlungsbedarf für Anpassung, da entweder die potenziellen Auswirkungen als *mittel bis hoch* oder *hoch* und die gesellschaftliche Anpassungskapazität nur als *gering bis mittel* oder *mittel* eingeschätzt worden sind.

Tabelle 18: Zusammenfassende Darstellung der Sektoren, für die die Bewertung der Vulnerabilität *mittel bis hoch* oder *hoch* ergeben hat.

Sektor	Wirkpfade / Sensitivitätsaspekte	potenzielle Auswirkungen	Anpassungskapazität	Vulnerabilität
Küstenschutz	Sicherheitsniveau und potenzielle Schäden für stark beschleunigten Anstieg der Wasserstände	hoch	gering-mittel	hoch
Biodiversität und Naturschutz	Arten und Lebensräume, Schutzgebiete und -ziele	mittel-hoch	mittel	mittel-hoch
Hafenwirtschaft & Logistik	Kritische Infrastrukturen	hoch	mittel	hoch

Im Folgenden sollen diese Bewertungsergebnisse näher betrachtet werden: Für den **Küstenschutz** sind die Gründe der Vulnerabilitätseinstufung oben genannt – insbesondere die obere Spannweite für das Extremereignis Sturmflutwasserstand bzw. -höhe ist für eine *hohe* Vulnerabilität verantwortlich. Vergleichbar ist das für den Sektor **Hafenwirtschaft & Logistik**: die oberen Spannweiten starker oder extremer Klimasignale können *hohe* potenzielle Auswirkungen für die Kritischen Infrastrukturen bedeuten, da hierdurch z. B. Häfen, Wasserstrassen, Autobahnen, Eisenbahnen und Logistikzonen im Binnenland in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt werden können. Dieses kann zu Verzögerungen und/oder dem Ausfall ganzer Logistikketten führen (s. a. Kap. 4.9). Die Anpassungskapazität wird hier als *mittel* eingeschätzt, da zwar ein vielfältiges Wissen (v. a. im Bereich der Kritischen Infrastrukturen des Küstenschutzes) vorhanden ist, Regulierungs- und Finanzierungsanforderungen aber durch Zielkonflikte zukünftig große Herausforderungen an die jeweiligen Akteure stellen werden.

Auch für den Bereich **Biodiversität und Naturschutz** zu wird die Vulnerabilität als *mittel bis hoch* bewertet (s. Tabelle 18). Dieses hat im Wesentlichen folgenden Gründe (vgl. a. Kap. 4.6): selbst eine hohe gesellschaftliche Anpassungskapazität ist voraussichtlich nicht in der Lage, den heutigen Zustand der Arten- und Lebensraumzusammensetzung unter Klimawandelbedingungen zu erhalten. Vielmehr stellt sich hier die Frage, ob den *mittel bis hohen* Auswirkungen mit einer konsequenteren Anwendung etablierter Schutzstrategien, die auch die heutigen Belastungen der natürlichen Systeme verringert, sowie mit einer Überprüfung und/oder Flexibilisierung der Schutzziele und -wünsche begegnet werden kann. Zusätzlich führen die starken und zum Teil unbekanntem Wechselwirkungen innerhalb der Ökosysteme und mit anderen Nutzergruppen zu einer negativeren Vulnerabilitätseinschätzung.

Die Frage, ob eine Gleichgewichtung von potenziellen Auswirkungen und Anpassungskapazität zulässig bzw. realistisch ist, konnte im Rahmen der vorliegenden zusammenfassenden Darstellung der Vulnerabilitätsbewertung nicht weiter beantwortet werden. Es ist im Einzelfall – also für die sektorspezifischen Wirkpfade des Klimawandels – zu prüfen, ob die jeweilige Anpassungskapazität auch wirklich ausreicht, um mit den denkbar höchsten potenziellen Auswirkungen aus den Klimaänderungen umzugehen bzw. sie zu bewältigen. Für die in den Klimaszenarien festgelegten

Werte, die ja eher keine Extremereignisse darstellen, scheint die gewählte Gleichgewichtung durchaus sinnvoll. Bei der Betrachtung von stärkeren und/oder extremeren Klimasignalen, möglicherweise gerade auch als Kombination von mehreren Klimaparametern (z. B. Starkregen mit Sturm und Sturmflut oder Trockenheit und Hitzeextreme: s. Kap. 5.1.3), könnte selbst eine als hoch eingeschätzte gesellschaftliche Anpassungskapazität nicht ausreichend sein, so dass dann die Vulnerabilitätsbewertung des jeweiligen Sektors oder der gesamten Region negativer ausfallen wird.

Insgesamt haben die spezifischen Analysen der Vulnerabilität gezeigt, dass für die MPR HB-OL in der Mehrzahl nur mit einer *gering bis mittel* bzw. *mittleren* Vulnerabilität zu rechnen ist. Dieses basiert zum einen darauf, dass die klimawandelbedingten Veränderungen der in den Klimaszenarien aufgeführten Parameter für die Region vergleichsweise moderat ausfallen, zum anderen die Gesellschaft der Region sich in der Vergangenheit an – wenn auch geringere bzw. langsamere – Veränderungen der klimatischen Bedingungen angepasst hat und daher ihre Anpassungskapazität als *mittel bis hoch* bezeichnet werden kann. Damit scheinen zumindest mittelfristig die Auswirkungen des Klimawandels für die MPR HB-OL beherrschbar.

Damit erlaubt u. E. die zusammenfassende Darstellung der Risiken des Klimawandel – trotz nur bedingt zulässiger bzw. sinnvoller Vergleichsmöglichkeiten zwischen den Ergebnissen der sektoralen VA – eine Einschätzung über die zeitliche Perspektive für Handlungsbedarf. Prioritäre Anpassungsbedarfe und kurzfristig einzuleitende Anpassungsstrategien bestehen v. a. für langlebige Kritische Infrastrukturen, für die Etablierung neuer sektorübergreifender Kooperationsformen und für die Schaffung eines Bewusstseins darüber, dass etablierte Denkmuster und Strategien unter Klimawandelbedingungen nicht mehr geeignet sein können. Dieser Aspekt wird im Rahmen der Empfehlungen für Klimaanpassung bzw. für die Umsetzung einer Klimaanpassungsstrategie in Kap. 7.2 wieder aufgegriffen.

Ausgehend von den in der Vulnerabilitätsanalyse ermittelten Risiken des Klimawandels werden im Rahmen von ‚nordwest2050‘ in einer Innovationspotenzialanalyse Wege zur Reduktion der Vulnerabilität untersucht und bewertet, inwieweit diese Wege in der Region gangbar sind.

6.2 Chancen des Klimawandels

Neben den in Kap. 6.1 genannten negativen Auswirkungen und resultierenden Risiken, kann der Klimawandel für einige Sektoren auch positive Wirkungen haben, woraus sich Chancen ergeben können. Positive Auswirkungen aus dem Klimawandel sind für die folgenden Sektoren möglich:

- **Menschliche Gesundheit:** Der über dem Jahresdurchschnitt liegende Temperaturanstieg im Winter reduziert die durch Kälte und Kältestress verursachten negative Auswirkungen auf den menschlichen Organismus. Wärmere Winter haben einen positiven Effekt auf die Mortalitätsraten. Der Rückgang an Tagen mit Kältestress, der an der Abnahme von Frost- und Eistage deutlich wird (s. Tabelle 19), kann möglicherweise im Jahresdurchschnitt die temperaturbedingten negativen Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit durch Hitze ausgleichen (ohne Berücksichtigung von extremen Hitzeperioden). Auch Laschewski & Jendritzky (2002) sowie Koppe et al. (2003) konnten zeigen, dass der Jahrestrend der allgemeinen Sterberate in der warmen Jahreszeit sein Minimum erreicht und in der kalten Jahreszeit ein Maximum aufweist. Demnach liegt für Deutschland die Sterberate im Sommer um bis zu 8% unter dem Jahresdurchschnitt, während die im Winter bis zu 8% über dem Durchschnitt liegt. Weiterhin kann die Verbesserung des thermischen Komforts, als mehrere Klima- und physiologische Parameter integrierender Faktor, positive Auswirkungen auf das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit und die Gesundheit der Bevölkerung auch in der MPR HB-OL haben (WWF 2007).
- **Bodenschutz:** Unter der Voraussetzung einer ausreichenden Wasserversorgung wird infolge des Klimawandels im Allgemeinen von einer gesteigerten Nettoprimärproduktion (Biomasseproduktion) und damit auch von einer erhöhten Anlieferung von zersetz-

barem organischem Material ausgegangen. Die Gründe dafür liegen in der Verlängerung der Vegetationsperiode aufgrund des Temperaturanstieges sowie im gesteigerten Wachstum infolge verbesserter Photosyntheseleistung und effizienterer Wassernutzung der Pflanzen durch steigende CO₂-Gehalte der Atmosphäre. Zudem könnten erhöhte Mineralisationsraten zu einer verbesserten Nährstoffversorgung, insbesondere mit Stickstoff, führen (Böhm 2008). Zusätzlich können sich klimawandelbedingt veränderte Pflanzenwachstumsbedingungen und Bodeneigenschaften positiv auf die Erosionsgefährdung auswirken, da durch die Verlängerung der Vegetationsperiode der Pflanzenbedeckungsgrad zu einem früheren Zeitpunkt im Jahresverlauf höhere Werte erreicht, was sich insbesondere bei ackerbaulich genutzten Flächen erosionsmindernd auswirkt. Auch ein Wechsel der Anbaufrucht kann sich positiv auf den Bodenabtrag auswirken. Da die Erosionsanfälligkeit von Böden u. a. abhängig vom Humusgehalt ist, kann eine mögliche klimawandelbedingte Erhöhung der Humusgehalte und der aggregierenden Leistung der Bodenorganismen die Erodierbarkeit des Bodens reduzieren.

- **Biodiversität und Naturschutz:** Für die (Feucht-) Lebensräume, die eine deutliche Abhängigkeit vom Wasserhaushalt sowie den Wasserständen des Grundwassers besitzen, können die Zunahmen der Niederschlagsmengen in einigen Jahreszeiten positiv wirken. Auch für die Lebensräume der Heiden könnten die klimawandelbedingt zunehmend milderen und feuchteren Winter positive wirken (Berry et al. 2002). Durch die höheren jährlichen Niederschlagsmengen könnten die feuchten Heiden zunehmen, durch den Anstieg der Evapotranspiration und wärmeren Bedingungen allerdings eher die trockenen Heiden. Eine Prognose darüber, welcher Effekt dominiert, kann hier nicht vorgenommen werden. Für die Dünenlebensräume kann die klimawandelbedingte Förderung ihres Regenerationsvermögens eine vorteilhafte Entwicklung sein, die auch aus der Sicht des Küsten- und Naturschutzes aufgrund der erhöhten inneren Stabilität durch eine verbesserte biogene Gefügebildung als positive Auswirkung bewertet würde. Betrachtet man einzelne **Arten**, so sind auch für schutzwürdige Zielarten des Naturschutzes klimawandelbedingt verbesserte Lebensbedingungen möglich (z. B. für Pflanzen längere temperaturbedingte Wachstumsphasen und CO₂-Düngung, für Tiere z. B. erhöhtes Nahrungsangebot und verbesserte physiologische Bedingungen). In wie weit die regional geschützten Arten beeinflusst werden und wie sich dadurch die Biodiversität verändert, ist noch weitgehend unbekannt (s. Kap. 4.6). Auch sind die komplexen Wechselwirkungen der Ökosysteme noch zu wenig verstanden, um Aussagen über die artbezogenen Konsequenzen des Klimawandels fundiert treffen zu können. Für Baumarten wird beispielsweise angenommen, dass Tanne und Kiefer z. T. besser mit den projizierten Klimaänderungen zu Recht kommen können. Auch der Eiche werden aufgrund ihrer relativ hohen Trockenresistenz große forstwirtschaftliche Zukunftschancen zugesprochen und Edelkastanie, Flaumeiche und Sommerlinde werden zukünftig an Bedeutung zunehmen, da ihre Konkurrenzkraft bei ausreichender Nährstoffversorgung in zukünftig trockenwarmen Gebieten deutlich steigt (Kölling et al. 2007, Stübner 2007). Im Küstenbereich zählen zu den sog. „Gewinnern“ des Klimawandels meist Wärme liebende Generalisten wie z. B. der Meerfenchel und die Pazifische Auster.
- **Ernährungswirtschaft:** Für die WSK Milch lassen sich auf der Stufe der Vorproduktion zusammenfassend eher positive Auswirkungen von mittlerer Ausprägung durch den Klimawandel erkennen: Lokal erzeugte Futtermittel wie Gras und Mais können bei moderaten klimatischen Veränderungen (Temperatur, Niederschlag; bei Gras auch CO₂-Düngewirkung) positive Wachstumseffekte erzielen, denen eher geringe negative Effekte durch Trockenheitsperioden (ab 2050) gegenüberstehen. Da über 50% der verwendeten Futtermittel aus Gras- und Maissorten besteht, ist dies ein Vorteil für die Milchwirtschaft. Auch für die Milchvermarktung lassen sich (mittlere) positive Effekte durch den (globalen) Klimawandel erkennen, da für die Molkereien in der Metropolregion relative Wettbewerbsvorteile auf Märkten mit stärkeren Auswirkungen des Klimawandels entstehen können. Dieses trifft auch für die WSK Fleisch (Schwein und Geflügel) zu, da die Metropolregion als Nettoexporteur von einem relativen Wettbewerbsvorteil profitieren könnte. Ein Ausschöpfen dieser möglichen Vorteile könnte jedoch zu einer weiteren Intensivierung der Milch- und Fleischwirtschaft führen

und auch gesellschaftliche Konflikte zur Folge haben. Für die WSK Fisch können die veränderten Klimabedingungen zu geographischen Verschiebungen der Fischbestände führen, was je nach Fischart positive oder negative Auswirkungen auf die Fischbestände haben kann. Es kann also zu sog. regionalen Gewinnern (z. B. Einzug des Wolfsbarschs in die Nordsee) und Verlierern kommen. Insgesamt können für alle WSK im Ernährungssektor durch die positiven Auswirkungen abnehmender Zahl von Frost- und Eistagen Chancen für die regionale Ernährungswirtschaft entstehen, da u. a. weniger Heizkosten entstehen und die Logistik weniger durch widrige winterliche Transportverhältnisse eingeschränkt wird. Vor allem mögliche Produkt- und Prozessinnovationen klimaangepasster oder klimafreundlicher Produkte können Potenziale für eine Neuausrichtung der Wertschöpfungsketten bilden.

- **Energiewirtschaft:** Durch die erwartete Abnahme des Heizbedarfes gehen die Spitzenlastbedarfe zurück, was potenziell zur Entlastung der Gasspeicher und -netze führt. Die erwartete leichte Zunahme der Windgeschwindigkeiten führt zu einer möglichen Steigerung der Windenergieerzeugung pro Anlage. Die erwartete Abnahme der Bedeckung im Sommer sorgt dafür, dass gerade dann mehr Solarstrom erzeugt wird, wenn auch zusätzliche Kühllasten anfallen. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Wirkungsgrad von Photovoltaikanlagen durch extreme Hitze verringert werden kann, wodurch die Leistungssteigerung jedoch nur wenig reduziert wird (vgl. Zinßer 2011). Durch die steigenden Temperaturen besteht die Möglichkeit, dass sich die Wachstumsperiode für Biomassepflanzen verlängert, denen aber eventuelle Ernteverluste durch mehr Dürren und Extremwetterereignisse gegenüberstehen (Details in Wachsmuth et al. 2011). Ansonsten ergeben sich positive Effekte aus dem Klimawandel vor allem indirekt durch den damit verbundenen Ausbau der erneuerbaren Energien zu Klimaschutzzwecken: Im Bereich Biomasseerzeugung als Primärenergieversorgung kann der Ausbau der Biomassenutzung in der Region in Hinblick auf die Versorgungssicherheit (Strom und Wärme) eher einen positiven Einfluss auf die regionale Versorgung mit Energie haben, da die Energieproduktion aus Biomasse grundlastfähig ist. Nach Gabriel & Meyer (2010) können positive ökonomische Folgen für die Region durch den Ausbau der Windenergie entstehen. Zudem werden durch den Ausbau der regenerativen Stromerzeugung in der MPR HB-OL positive ökologische Wirkungen und eine deutlich höhere soziale Verträglichkeit der eingesetzten Energieträger erwartet. Vor dem Hintergrund der europäischen Klimaschutz- und Effizienzpolitik ist mit einem Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien und KWK an der Fernwärmeerzeugung zu rechnen mit entsprechend positiven Auswirkungen auf den Primärenergieeinsatz und die CO₂-Emissionen für die Wärmeerzeugung und -bereitstellung in der MPR HB-OL.
- **Hafenwirtschaft & Logistik:** Für die Akteure mit eher lokaler Raumfunktion sind durchaus auch positive Auswirkungen auf die verbundenen Wertschöpfungsketten möglich. Für das Beispiel des Fährhafens Harlesiel ist es denkbar, dass zwar finanzielle Einbußen z. B. als Folge von Betriebsunterbrechungen durch Extremereignisse auftreten können, er aber auch positiv betroffen sein kann, wenn Touristen den Hafen verstärkt nutzen. Auch im Bereich des globalen Transportverlaufs kann es möglicherweise mittelfristig zu positiven wirtschaftlichen Effekten durch die Auswirkungen des Klimawandels kommen, wie das Beispiel Nordostpassage (bei aller Umstrittenheit der Befahrbarkeit dieser Route) verdeutlicht (Tesch 2008; Brakensiek 2001; Seidler 2008). Bezüglich der Infrastruktur ist z. B. die Wertschöpfungskette Bierexporte potenziell positiv durch die Folgen von weniger Eis und Schnee betroffen, da die Verkehrsinfrastrukturen in den Alpen weniger eingeschränkt nutzbar sind sowie Verzögerungen im Betriebsablauf und Beschädigungen der Betriebsmittel und Transportgüter abnehmen.
- **Tourismuswirtschaft:** Für die Ferienorte an der Nordseeküste könnten die typischen Formen des Sommertourismus, insbesondere der Strand-/Badeurlaub, vom Klimawandel tendenziell positiv betroffen sein, da es zu einer leichten Verbesserung der thermischen Eignung kommt sowie steigende Temperaturen und weniger Sommerniederschläge den Tourismus begünstigen. Die Touristen könnten daher eher bereit sein, ihren Urlaub in den regionalen Feriengebieten zu verbringen und die Touristenzahlen könnten durch steigende Attraktivität der norddeutschen Badeorte zunehmen (Bahren-

berg 2005). Von einer Verbesserung der thermischen Eignung und einer Abnahme des Kältestress werden insbesondere die Outdoor-Aktivitäten (z. B. Sport- oder Natururlaub) positiv beeinflusst. Zusätzlich kann sich die Sommer- bzw. Hauptsaison aufgrund einer verlängerten Badesaison ausdehnen, es zu einer Verlagerung des Sommertourismus aus südlicheren – zukünftig zu heißen – Gegenden kommen könnte (s. Kap. 5.2.1) und die Vor- und Nachsaison gestärkt würde (Nds. MUK 2009). Ebenso kann die nicht unwesentliche Abnahme des Kältestresses die touristische Attraktivität verbessern. Eine stärkere Erwärmung erfolgt in den Wintermonaten, so dass der v. a. in dieser Jahreszeit auftretende Kältestress deutlich abnimmt und positive Auswirkungen auf das allgemeine thermische Befinden möglich wäre (s. o.). Weiterhin kann die veränderte saisonale Niederschlagsverteilung mit zukünftig trockeneren Sommern die sommerliche Hauptreisezeit für die Nordseeküstendestinationen positiv beeinflussen. Geringere Niederschläge und weniger Regentage in den Sommermonaten können also die Wettersicherheit für die klassischen Outdoor-Aktivitäten in der Region erhöhen. Schwache positive Auswirkungen für die regionale Tourismuswirtschaft könnten sich auch durch die Zunahme der Zahl von sonnigen Tagen und durch die Abnahme der Zahl von nebligen Tagen ergeben.

Sektorübergreifend kann festgehalten werden, dass sich die heutigen negativen Auswirkungen der Winter (Frost- und Eistage, Schneemenge und -bedeckung, Kältestress) verringern werden. Die daraus resultierenden positiven Effekte sind z. B. weniger Einschränkung der Verkehrsinfrastrukturen (vorteilhaft für Ernährungswirtschaft, Hafenwirtschaft & Logistik) und der Energieversorgungsstrukturen (vorteilhaft für die Energiewirtschaft), geringere kältebedingte gesundheitliche Probleme in der Bevölkerung und dadurch geringere Belastung des Gesundheitssystems (vorteilhaft für den Bereich menschliche Gesundheit und die Tourismuswirtschaft) sowie geringere Wahrscheinlichkeit winterlicher Gefahren und Katastrophenfälle wie z. B. eis- und schneebedingte Unfälle und Rettungseinsätze (vorteilhaft für Bevölkerungs- und Katastrophenschutz). Da dennoch nicht auszuschließen ist, dass einzelne Winter auch in Zukunft überdurchschnittlich kalt ausfallen (wie z. B. die Winter der Jahre 2009/10 und 2010/11 gezeigt haben), sollte nicht auf Vorsorgestrategien und -einrichtungen wie z. B. Streugutdepots, Winterdienstfahrzeuge und -personal, Enteisungsanlagen auf Flughäfen und Eisbrecher in den Häfen sowie auf eine bauliche Berücksichtigung von Schneelasten und Frosteinwirkungen für Gebäude und Bauwerke verzichtet werden. Erst langfristig könnte zu prüfen sein, ob die hierfür notwendigen Aufwendungen und Ressourcen verringert werden können.

Die Nutzung der sich aus den positiven Auswirkungen ergebenden Chancen hängt insbesondere von der gesellschaftlichen Kapazität zur Anpassung an Veränderungen ab. Diese wird maßgeblich vom Wissen über Anpassungsnotwendigkeiten und von den Informationen über die möglichen klimawandelbedingten Chancen beeinflusst. So werden beispielsweise Chancen nur dann genutzt und Anpassungsoptionen entwickelt, wenn aufgrund ausreichend zur Verfügung stehenden Wissens die Bereitschaft bei den Akteuren vorhanden ist. Ähnlich wie für die Risikowahrnehmung (als mitbestimmender Teil der Anpassungsbereitschaft und -kapazität), die u. a. von den subjektiven Vorstellungen über Eintrittswahrscheinlichkeit und Höhe potenzieller Auswirkungen der Klimaänderung oder eines Extremereignisses abhängt, kann auch für die Chancenwahrnehmung gefolgert werden, dass Bewältigungserfahrungen im Umgang mit schleichenden Klimaänderungen oder Wetterextremen, Kommunikation über Bewältigungsmöglichkeiten im sozialen Kontext und wahrgenommene Vorbilder für proaktive Schadensvermeidung positive Einflussfaktoren für ein Chancenbewusstsein darstellen.

Zur Erhöhung der Anpassungsbereitschaft hinsichtlich der Chancennutzung ist es also von entscheidender Bedeutung, eine verbesserte Risiko- bzw. Chancenwahrnehmung herzustellen. So besteht z. B. für die WSK Milchwirtschaft im Bereich der Milchvermarktung (Ernährungswirtschaft) für exportorientierte Unternehmen wie Nordmilch durch den globalen Klimawandel zwar die Möglichkeit, internationale Märkte stärker zu bearbeiten, allerdings werden die damit verbundenen Chancen für die Metropolregion bisher nicht erkennbar thematisiert (s. Kap. 4.7). Für den Sektor Energiewirtschaft ist die mögliche Entwicklung der MPR HB-OL zur Exportregion für regenerativen Strom mit großen wirtschaftlichen Chancen der regionalen Wertschöpfung verbunden, wobei dieser potenziell positiven ökonomischen Entwicklung aber auch deutliche Hemmnisse

entgegenstehen (Gabriel & Meyer 2010). Der Einbezug von „Low Exergy Solutions“ (z. B. die Nutzung von Abwärme für Kühlung- und Klimatisierung) in die Wärmeversorgung bei gleichzeitigem Ausbau der Fernwärmeversorgung hilft nicht nur, CO₂-Einsparpotenziale zu erschließen und Primärenergieressourcen zu schonen, sondern bietet die Chance, die Spitzenlasten im Stromnetz zu mindern und die Importabhängigkeit zu verringern (s. Kap. 4.8). Für den Sektor Hafenwirtschaft & Logistik kann eine geeignete Regulierung durch überregionale Institutionen dazu beitragen, sich durch den Klimawandel ergebende Chancen gegenüber den Konkurrenten auszuschöpfen, wie beispielsweise Regulierung in den Bereichen Sicherheit, Bürokratieabbau und Umweltschutz für den Fall der Befahrbarkeit der Nordostpassage (ISL 2010b). Chancen für die Region in dem Sinne, dass bei klimawandelbedingten Extremereignissen Schäden vermieden werden können bzw. im Vergleich mit anderen Regionen geringer ausfallen, ergeben sich z. B. für das Bauwesen, den Hochwasser- und Küstenschutz sowie für den Bevölkerungs- und Katastrophenschutz. Hierfür ist eine Analyse der Chancenseite von Katastrophen- und Worst-Case-Szenarien notwendig, die das vermeintlich Unvorstellbare nicht verdrängt, sondern antizipiert (Allianz 2008). Daraus können einerseits Lehren für die Katastrophenverhütung gezogen und andererseits die Chancenseite einer Situation nach der Katastrophe herauskristallisiert werden (z. B. Berücksichtigung einer erhöhten Resilienz beim Wiederaufbau, Abbau der Abhängigkeit von Kritischen Infrastrukturen: s. a. Kap. 4.12).

Das Chancenbewusstsein hängt also davon ab, ob die Vorteile einer Klimaanpassung erkannt werden und für wen sie sich ergeben. So könnten in einer räumlichen Perspektive z. B. im Bereich des Binnenhochwasserschutzes ökonomische Maßnahmen einen Lastenausgleich von Risiken und Chancen bzw. Kosten und Nutzen zwischen privaten Flächennutzern und der öffentlichen Hand oder zwischen Flussober- und Flussunterliegern befördern. Während heute die Unterlieger den Nutzen aus flussaufwärts umgesetzten Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz ziehen (z. B. geringere Hochwasserabflüsse und -wasserstände durch Rückgewinnung von Retentionsräumen oder Flächenentsiegelungen), liegen Aufwand, Kosten und Nutzungseinschränkungen solcher Maßnahmen allein bei den Oberliegern. Andersherum tragen zurzeit Oberlieger durch Siedlungsentwicklung und Flächenversiegelung zur Hochwasserentstehung bei, wobei die Kosten des Hochwasserproblems allein von den Unterliegern getragen werden müssen, da bei ihnen Schäden auftreten und Schutzmaßnahmen erforderlich werden (WWF 2007; UBA 2006). In einer zeitlichen Perspektive könnten heute eingeleitete Maßnahmen oder Strategien zur Klimaanpassung künftigen Generationen zu Gute kommen bzw. ihnen eine Chancennutzung nicht verbauen. So erfordert z. B. die Umsetzung von Klimaanpassungsstrategien im Küstenschutz eine Langfristorientierung (v. a. bei Eintritt der oberen Spannweiten der Wasserstandsänderungen), die weit über die bisherigen Planungszyklen hinausgeht. Das bedeutet, dass bereits heute – deutlich vor dem Eintritt akuter Notwendigkeit – Entscheidungen getroffen und politisch vertreten werden müssen, deren Vorteile erst kommende Generationen betreffen werden. Inter-generationale Chancennutzung erfordert daher die Schaffung von Rahmenbedingungen für die Entwicklung einer an die langfristigen Folgewirkungen des Klimawandels angepassten Anpassungsstrategie.

Chancen ergeben sich weiterhin auch aus den vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den Anpassungsmaßnahmen und -strategien einzelner Sektoren (vgl. a. Kap 5.3 zu den Synergieeffekten). So können z. B. positive Effekte für den Bevölkerungsschutz neben der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen im Zuständigkeitsbereich der für den Bevölkerungsschutz verantwortlichen Behörden und Organisationen auch von Anpassungsstrategien in anderen Sektoren oder Bereichen entstehen. Hierzu gehören z. B. Maßnahmen zum vorbeugenden Hochwasser- oder Küstenschutz, Anpassungen in der (Siedlungs-) Wasserwirtschaft oder die Berücksichtigung von klimawandelbedingten Risiken in der räumlichen Planung bzw. im Bauwesen. Die Akteure des Bevölkerungsschutzes können daher aufgrund ihrer Erfahrungen und ihrer Kenntnisse hinsichtlich der querschnittsorientierten Problemlagen einen wichtigen Beitrag zur Erarbeitung integrierter Konzepte zur regionalen Risikoversorgung leisten (Gebauer et al. 2010).

Die potenziellen positiven Auswirkungen und die sich daraus für die Sektoren ergebenden Chancen können v. a. dann realisiert werden, wenn die Beanspruch- oder Nutzbarkeit der Ökosystemdienstleistungen gewahrt bleibt oder sogar verbessert wird (vgl. a. Kap. 5.3). Dieses hängt maßgeblich von der natürlichen Anpassungsfähigkeit der natürlichen Systeme ab: ob sie mit den

beschleunigten Klimaveränderungen Schritt halten kann, ist allerdings mit deutlichen Wissenslücken verbunden. Z. B. kann nur ein „gesunder“ Boden die ihm zugeschriebenen Funktionen weitestgehend erfüllen und dadurch mögliche negative Folgen des Klimawandels abfedern oder ausgleichen sowie mögliche positive Wirkungen optimal umsetzen (Böhm 2008). Hierfür werden vorsorgende Bodenschutzmaßnahmen, die die natürlichen Bodenfunktionen erhalten und deren Anpassungsfähigkeit an klimatische Veränderungen sichern helfen, an Bedeutung gewinnen (LBEG 2010). Insgesamt werden intakte Ökosysteme gegenüber dem Klimawandel als unempfindlicher eingeschätzt und sie sind daher besser in der Lage, ihre Funktionsfähigkeit aufrechtzuerhalten und die gesellschaftlich benötigten Ökosystemdienstleistungen bereitzustellen. Die Vermeidung der Beeinträchtigung der natürlichen Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme muss daher zentraler Bestandteil aller Anpassungsmaßnahmen und -strategien sein und ihr Erhalt ist häufig eine Voraussetzung für den Erfolg von Anpassung in verschiedensten Sektoren. Aspekte der sich hieraus ergebenden Synergien, die zusätzlich das Potenzial haben, Widerstände gegen Anpassung aufzuheben bzw. die Bereitschaft zur Anpassung erhöhen können, werden als Empfehlungen für Klimaanpassung und die Umsetzung einer Klimaanpassungsstrategie in Kap. 7.2 wieder aufgegriffen.

Die Chancen des Klimawandels dienen zusätzlich auch in der an die Vulnerabilitätsanalyse angeschlossenen Innovationspotentialanalyse als ein Ideenpool, mit der die Potenziale von Innovationen zur Reduktion der Vulnerabilität untersucht werden.

7. Ausblick: Konsequenzen für eine regionale Klimaanpassungsstrategie

Bastian Schuchardt, Stefan Wittig

Die Vielzahl der von Klimawirkungen betroffenen Sektoren und die komplexen Wechselwirkungen zwischen ihnen erfordern einen integrierten Ansatz für eine Anpassungsstrategie, wie auch in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) vorgesehen (Bundesregierung 2008). Ein solcher Ansatz sollte dementsprechend darauf abzielen, Anpassung an den Klimawandel nicht ausschließlich sektoral zu begreifen, sondern vielmehr die sektorübergreifenden Auswirkungen des Klimawandels und die möglichen Wechselwirkungen von Anpassungsmaßnahmen zu berücksichtigen, gemeinsame Vorteile zu fördern sowie Nutzungs- und Zielkonflikte frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Diese Aspekte wurden auch bei der Erarbeitung des Aktionsplans Anpassung zu DAS aufgenommen, der im August 2011 veröffentlicht worden ist (Bundesregierung 2011).

Die Konzeption einer integrierten Anpassungsstrategie muss das Ziel haben, die Vulnerabilität natürlicher, sozialer und wirtschaftlicher Systeme gegenüber Klimawirkungen zu mindern und gleichzeitig die Anpassungsfähigkeit dieser Systeme sowie die Ausnutzung möglicher Chancen zu erhöhen (vgl. Bundesregierung 2008). Ein wesentliches Ziel ist in diesem Zusammenhang die Handlungsfähigkeit der Akteure sowie deren Anpassungskapazität zu stärken. Aufbauend auf den Erkenntnissen über gemeinsame Aspekte der regionalen Vulnerabilität (Kap. 5) und der zusammenfassenden Darstellung der VA-Ergebnisse (Kap. 6) sind Konsequenzen für die Entwicklung einer regionalen Anpassungsstrategie deutlich geworden, die Hinweise für ein geeignetes Handeln im Kontext der Klimaanpassung liefern. Zu diesen Aspekten, die frühzeitig in einem strukturierten Anpassungsprozess berücksichtigt werden sollten, gehören nach den Erkenntnissen der regionalen VA besonders folgende:

1. Klimaanpassung ist als **sektorübergreifender und langfristiger Prozess** zu verstehen, der die Langfristigkeit des Klimawandels angemessen in Entscheidungsprozesse verankert und dabei **Vorsorgeaspekte** berücksichtigt. Hierzu sind auch Dialog- und Beteiligungsprozesse zu etablieren, die Transparenz schaffen und Kooperation ermöglichen. Solche Prozesse können durch ein **integriertes Risikomanagement** der Klima- und Anpassungsfolgen befördert werden, deren Ergebnisse in allen Planungen und Entscheidungen zur Vermeidung von Nutzungs- und Zielkonflikten Eingang finden sollten (**integrierte Ansätze** wie „climate adaptation mainstreaming“ und „climate proofing“; s. Kap. 7.1).
2. Festlegung von **Kriterien zur Priorisierung** von Anpassungsmaßnahmen und Anpassungsstrategien, die auf den Erkenntnissen der Vulnerabilitätsanalyse bezüglich der Notwendigkeit und Dringlichkeit für Klimaanpassung basieren, ist ein essentieller Arbeitsschritt bei der Entwicklung einer regionalen Anpassungsstrategie. Eine solche Kriterien berücksichtigende regionale Klimaanpassungsstrategie, die auch Synergien der Klimaanpassung und Chancen hervorhebt, kann die Handlungsoptionen in der Region auch gegenüber heutigen Problemen verbessern und zu einer nachhaltigen Entwicklung unter Klimawandelbedingungen beitragen (s. Kap. 7.2).
3. **Handeln unter „Unsicherheitsbedingungen“** ist zu ermöglichen bzw. zu verbessern, indem auf flexible, nachsteuerbare Anpassungsmaßnahmen gesetzt wird. Für diese sollte ein kontinuierliches Monitoring des Klimawandels, der Klimawirkungen und des Erfolgs bzw. der Wirksamkeit von Anpassung implementiert werden. Hierzu sind insbesondere auch **Maßnahmen ohne Reue** (no regret-Maßnahmen) als Startpunkt für Anpassungsbemühungen geeignet, da sie auch relativ unabhängig vom Verlauf des Klimawandel gesellschaftlichen Nutzen erzielen können (**Flexibilität** und **Resilienz**; s. Kap. 7.3).

Die besondere Herausforderung jeder Anpassungsstrategie an den beschleunigten Klimawandel liegt im Spannungsfeld zwischen (teurem) „zu viel; zu früh“ und (gefährlichem) „zu wenig; zu spät“. Die Berücksichtigung der hier aufgeführten Aspekte kann dazu beitragen, dass in einer Anpassungsstrategie beide Seiten angemessen berücksichtigt werden.

7.1 Klimaanpassung als sektorübergreifender und langfristiger Prozess: Vorsorgeorientierung

Um Anpassung vorsorgeorientiert zu gestalten und eine regionale Klimaanpassungsstrategie als sektorübergreifenden bzw. querschnittsorientierten und langfristigen Prozess zu etablieren, können folgende Empfehlungen gegeben werden.

- **Analyse und Berücksichtigung sektorübergreifender und regionaler Vulnerabilität:** Für einen angemessenen Umgang mit den möglichen Wirkungen des Klimawandels in der Entscheidungsfindung zur Klimaanpassung ist es erforderlich, sektorübergreifende Einschätzungen der regionalen Verwundbarkeit anhand von Vulnerabilitätsanalysen zu erarbeiten. Die im vorliegenden Bericht aufgeführte zusammenfassende Darstellung der Vulnerabilitätsbewertung der Region (s. Kap. 6) liefert hierzu einen Beitrag. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse müssen dann in alle Entscheidungs- und Planungsgrundlagen einbezogen werden, wofür sich z. B. integrierte Ansätze wie Methoden des integrierten Risikomanagements anbieten (Zebisch et al. 2005, Schuchardt & Schirmer 2007; s. u.).

Allerdings fehlt noch weitgehend eine wissenschaftliche Methodik für eine integrierte, sektorübergreifende Analyse und Bewertung der Vulnerabilität. Für die Vergleichbarkeit der Vulnerabilitätshöhe unterschiedlicher gesellschaftlicher Bereiche einer Region existieren bisher (noch) keine geeigneten Maßstäbe oder Indikatoren, so dass hier weitere Forschungsanstrengungen notwendig sind.

- **Langfristigkeit und Kontinuität in der Klimaanpassung:** Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Auswirkungen des Klimawandels und der heute üblichen Praxis gesellschaftlicher Planungen oder Entscheidungen ist der jeweils betrachtete Zeithorizont. So erfasst z. B. die räumliche Planung bislang nur relativ kurze Zeiträume: Regional-, Raumordnungs- und Flächennutzungspläne sowie viele Fachplanungen haben einen Zeithorizont von etwa 10 bis 15 Jahren (Franck & Peithmann 2010), die EU-Agrarförderung reicht derzeit bis 2013 und Entwicklungsplanungen insbesondere in den Wirtschaftssektoren betreffen teilweise sogar noch kürzere Zeiträume. Die Wirkungen des anthropogenen Klimawandels erstrecken sich hingegen über das gesamte 21. Jahrhundert und sehr wahrscheinlich noch weit darüber hinaus. Für den Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels muss Anpassungsplanung also eine langfristige Perspektive berücksichtigen, insbesondere für Planungen von Infrastrukturen, die eine Lebensdauer von 50 oder mehr Jahren haben können. So wird im Küstenschutz die praktizierte Verteidigungsstrategie des „linienbezogenen“ Küstenschutzes langfristig als nicht zukunftsfähig angesehen (Kunz 2004), da eine solche „Sturmflutbarriere“ zwar die Vulnerabilität reduzieren kann, sich das Restrisiko unter Klimawandelbedingungen aber sogar erhöht (Wittig et al. 2007a). Obwohl in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten mit dieser Strategien eine weitgehende Sicherstellung des aktuellen Schutzniveaus möglich erscheint, werden – je nach Verlauf des Klimawandels – langfristig möglicherweise Grenzen erreicht (s. a. Kap. 4.4), die u. U. einen Rückzug in höher gelegene Gebiete, d. h. die Reduzierung der Nutzung küstennaher Bereiche, erforderlich machen würde (Schuchardt et al. 2008a).

Auch in der DAS wird davon ausgegangen, dass eine Anpassungsstrategie als mittel- bis langfristiger Prozess die langfristigen Klimawirkungen berücksichtigen muss, „in dem in transparenter und strukturierter Art schrittweise mit betroffenen Akteuren der Handlungsbedarf benannt, gegebenenfalls entsprechende Ziele definiert, Zielkonflikte festgestellt und ausgeräumt sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden“ (vgl. a. Bundesregierung 2008: 58). Es ist also erforderlich, Kontinuität in

der Planung und Umsetzung von Anpassungsplanungen, -maßnahmen und -strategien zu implementieren und darauf basierend eine regelmäßige Zielüberprüfung der Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung zu gewährleisten (IFOK 2009; Stock et al. 2009). Neben der kontinuierlichen Zielüberprüfung der Klimaanpassung (s. u.) bedarf es auch geeigneter **Monitoring- und Wissensvermittlungsstrategien** sowohl über den fortschreitenden Klimawandel als auch über die resultierenden Klimawirkungen. Die Frage, mit welcher Geschwindigkeit der Klimawandel voranschreitet und welches Ausmaß er erreicht, wird auf internationaler und nationaler Ebene intensiv erforscht. Mittlerweile hat sich zur Vermittlung dieses „Klimawissens“ eine Reihe von Dienstleistern etabliert, die der Wissenschaft und der Praxis umfangreichen Klimageservice anbieten (z. B. das bundesweit tätige CSC - Climate Service Center, die Klimabüros der Helmholtz-Gemeinschaft oder der DWD - Deutsche Wetterdienst). Trotz dieser Vermittlungsdienste des aktuellen Standes über den Klimawandel verbleiben vielfältige Probleme bezüglich der Umsetzung dieses Wissens in die Praxis (s. z. B. BMVBS 2010b); welche diese sind und wie mit ihnen umgegangen werden kann, wird im Kap. 7.3 weiter erläutert.

- **Erfolgskontrolle von Anpassungsmaßnahmen:** Teil eines zeitlich strukturierten Anpassungsprozesses muss eine Erfolgskontrolle von Anpassungsmaßnahmen sein, die die Bewertung der Wirksamkeit von Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung leistet. Eine Erfolgskontrolle muss zum einen Klimaänderungen und resultierende Klimawirkungen für Umwelt und Gesellschaft erfassen können (s. o.), zum anderen sollte sie auch die Umsetzungsprozesse und -fortschritte einer regionalen Anpassungsstrategie abbilden können (die DAS spricht in diesem Zusammenhang von zu entwickelnden Prozessindikatoren; Bundesregierung 2008: 66). Zusätzlich kann durch als erfolgreich identifizierte Klimaanpassung die Akzeptanz in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft erhöht werden und Hinweise auf eine Übertragbarkeit von Anpassungsmaßnahmen im Sinne von „guter Praxis“ geliefert werden. Hierzu ist die Entwicklung geeigneter Instrumente und Indikatoren zur Evaluierung der Anpassungskonzepte und -maßnahmen notwendig (Schönthaler et al. 2010), die bisher weitgehend fehlen und für deren weitere Entwicklung **Forschungsbedarf** festgestellt werden muss.
- **Integrierte Ansätze:** Die potenziellen Klimawirkungen inklusive der erforderlichen Anpassungsnotwendigkeiten betreffen alle Lebens-, Umwelt- und Wirtschaftsbereiche. Sehr wahrscheinlich werden sich dadurch Nutzungs- und Zielkonflikte verstärken (s. Kap. 5.3), für deren Vermeidung oder Verringerung sektor- und bereichsübergreifende Ansätze notwendig werden. Solch integrierte Ansätze zur Bewältigung der Klima- und Anpassungsfolgen könnten anhand eines **regionalen integrierten Risikomanagements** entwickelt und umgesetzt werden, dessen Ergebnisse in allen Planungen und Entscheidungen zur Vermeidung von Nutzungs- und Zielkonflikten Eingang finden sollte. Management als prozessorientierter Ablauf kann auf Unsicherheiten und Veränderungen reagieren. Das Ziel eines Managementprozesses ist daher nicht die Erreichung eines idealen und dauerhaften stabilen Endzustands, sondern die Fähigkeit zur kontinuierlichen Anpassung an sich verändernde Verhältnisse (Ratter 2002). Ein regionales Risikomanagement kann ein dynamisches Instrument zur Risikooptimierung darstellen, welches flexibel auf veränderte (klimatische) Rahmenbedingungen und (gesellschaftliche) Anforderungen reagiert (Schuchardt et al. 2007; s. a. Kap. 7.3). Im Folgenden soll dieses am Beispiel Küstenschutz erläutert werden.

Exkurs: Konzept eines integrierten Risikomanagements am Beispiel Küstenschutz – Empfehlungen des Projekts „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste“ (KRIM)

Die Bestandteile und ein Verfahrensvorschlag für die Umsetzung eines integrierten Risikomanagements im Küstenraum in Nordwestdeutschland durch einen sog. „Klima- bzw. Küstenrat“ sind im Projekt KRIM entwickelt worden (s. Schuchardt & Schirmer 2007; eine Weiterentwicklung dieses Ansatzes erfolgt im Rahmen der Analysen des AB Governance). Ziel war, die „neue Randbedingung“ Klimawandel umfassend in alle Planungs- und Entscheidungsprozessen aller relevanten staatlichen und nichtstaatlichen Akteure zu verankern, damit sie dann als Aspekt „mitgedacht“ werden kann. Die dazu erforderliche, aufgrund des Klimawandels notwendig erscheinende, Weiterentwicklung der etablierten Küstenschutzstrategien hat nach Schuchardt et al. (2007) folgende wesentliche Ziele:

- Vorschlag für ein Verfahren zur angemessenen Berücksichtigung des Klimawandels in der künftigen Küstenschutzplanung,
- Verbreiterung der Informationsgrundlagen für Entscheidungen durch Einführung der probabilistischen Risikoanalyse und von Kosten-Nutzen-Analysen,
- Initiierung eines Diskurses über den Umgang mit diesen Informationen für die zukünftigen Bemessungskriterien im Küstenschutz auch vor dem Hintergrund einer angemessenen Risikoverteilung,
- offene Kommunikation der Risiken und der Risikoverteilung,
- Erhöhung der Transparenz der Abschätzungs- und Entscheidungsverfahren durch effektive Formen der Dokumentation und der Risikokommunikation,
- verstärkte Koordination dieser Belange zwischen den Küstenländern.

Hintergrund ist die Erkenntnis, dass neue Anpassungsstrategien im Küstenschutz oder in den Küstenzonen in jedem Falle einen sehr frühzeitigen Beginn der gesellschaftlichen Diskussion und bereits heute einsetzende Vorbereitungen erfordern, u. a. durch die Freihaltung von Räumen, Steuerung der Landesentwicklung und die Vorbereitung des zukünftigen Küstenschutzes. Die Empfehlung des DKKV (2003), alle Akteure des Hochwasserschutzes über Fach- und Raumgrenzen hinweg stärker zu verknüpfen, spiegelt sich partiell auch in der Situation an der Küste. Auch hier werden von verschiedenen Seiten Forderungen nach einer stärkeren Integration und Abstimmung der unterschiedlichen Perspektiven erhoben (Sterr et al. 2005).

Zentrale Bestandteile und Verfahrensabläufe des entwickelten Konzepts für ein integriertes Risikomanagement im Küstenschutz für die kurz- bis mittelfristige Planung (also die Gültigkeits- und Planungszeiträume der Generalpläne Küsten- und Inselnschutz) sind demnach (vgl. Schuchardt et al. 2007):

- **Risikoanalyse:** Diese sollte durch die Wissenschaft mittels probabilistischer Risikoanalysen unter Nutzung eines erweiterten Schadensbegriffs erfolgen (Details in Mai et al. 2007 und Wittig et al. 2007a).
- **Risikobewertung:** Die Ergebnisse der (wissenschaftlichen) Risikoanalysen müssen anschließend interpretiert und bewertet werden, wobei die verschiedenen Akteure bzw. gesellschaftlichen Gruppen einzubinden sind. Hier ist die Definition der Bewertungs- und Entscheidungskriterien von erheblicher Bedeutung. Das Ergebnis der Risikobewertung sollte die Grundlage für den Handlungsbedarf im Küstenschutz darstellen.
- **Risikosteuerung:** Entwicklung möglicher Maßnahmenkonzepte bzw. -alternativen auf der Basis des definierten Handlungsbedarfs als erster Schritt. Anschließend als zweiter Schritt Bewertung der Maßnahmenkonzepte bzw. -alternativen bezüglich ihrer Zielerfüllung im Küstenschutz unter Nutzung der probabilistischen Risikoanalyse unter Berücksichtigung ihrer Effizienz, ihrer Auswirkungen auf Mensch und Umwelt und ihrer Nachhaltigkeit. Dazu könnte die Strategische Umweltprüfung (SUP) inklusive entsprechender Öffentlichkeitsbeteiligung genutzt werden.

- **Risikokommunikation:** Die Kommunikation und Einbindung der Öffentlichkeit findet zum einen über den „Klimarat“ durch Vertreter relevanter Akteursgruppen statt, zum anderen durch eine intensivierte Information der breiten Öffentlichkeit. Dazu sind verschiedene Verfahren von Informationsangeboten, des Dialogs und der Beteiligung bzw. Mitwirkung an der Entscheidungsvorbereitung und -findung möglich. Die Risikokommunikation dient auch dazu die „Informiertheit“ des politisch-administrativen Systems bzgl. der Risikowahrnehmung und des Risikoumgangs der Bevölkerung zu erhöhen.

Einen Beitrag zu einem solchen integrierten Risikomanagement könnte der Ansatz des Integrierten Küstenzonenmanagements (IKZM³⁶) liefern, in dem die verschiedenen Interessen und Belange im Küstenraum integriert betrachtet und abgewogen werden sollen (vgl. BMU 2006a). Da dem IKZM als informelles Planungsinstrument, das speziell auf die Belange von Küstenregionen ausgerichtet ist, auch ein hohes Potenzial für die Umsetzung von Klimaanpassung zugeschrieben wird (Schuchardt et al. 2011), sollte eine Fortschreibung der Generalpläne Küsten- und Inselfschutz als Prozess im Rahmen eines IKZM mit den entsprechenden Anforderungen an Nachhaltigkeit, Integration, Partizipation und Kommunikation angelegt werden. Da IKZM jedoch kein eigenständiges Instrumentarium mit formalen Bindungswirkungen ist, muss das Flächenmanagement im Küstenraum zusätzlich über formelle raumplanerische Instrumente (z. B. im Rahmen eines Raumordnungsverfahrens) sowie die Vorgaben des Küstenschutzrechts erfolgen (z. B. LROP Niedersachsen und Niedersächsische Deichgesetz: s. a. Kap. 4.11).

Neben integrierten Ansätzen eines Risikomanagements im Küstenschutz (s. Exkurs) sollten Klimawirkungen und Anpassungsbedarfe als Aspekte auch in anderen Fachplanungen und -entscheidungen mitberücksichtigt werden (z. B. Raum- und Regionalplanung oder Stadtentwicklung, Agrarförderung oder betriebliches Umweltmanagement usw.), um bestehende fachliche Nutzungs- und Schutzziele auch unter geänderten Randbedingungen zu erreichen. Ob und inwieweit daraus resultierende Risiken und Chancen des Klimawandels eine Rolle in politischen, fachlichen, betrieblichen und privaten Entscheidungen und Planungen spielen, soll so zur routinierten Abwägung werden (sog. „**mainstreaming**“³⁷). Ein solches Risikomanagement ist dabei ein langfristiger Prozess, welcher auf die frühzeitige und kontinuierliche Information (über Klimaentwicklung, Klimawirkungen und Anpassungserfolg: s. a. Kap. 7.3) und Kommunikation mit den beteiligten Akteuren angewiesen ist. Integrierte Ansätze eröffnen auch die Möglichkeit, bisher genutzte Instrumente (z. B. Entscheidungsunterstützungssysteme oder die formale Abwägung in Planungsverfahren) daraufhin zu überprüfen, ob sie für die Identifikation und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen geeignet sind oder ob sie angepasst werden müssen.

Im Zusammenhang mit den zu bearbeitenden raumwirksamen Konflikten der Klimaanpassung ist insbesondere die **Raumplanung** gefordert, vorhandene und „neue“ Risiken zu managen. Sie muss dabei sowohl auf bereits sichtbar werdende Klimaänderungen reagieren, als auch zukünftig zu erwartende Veränderungen und deren Folgewirkungen schon bei heutigen Planungsentscheidungen vorausschauend berücksichtigen. Ihre Aufgabe im Hinblick auf eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels besteht darin, die Raum- und Siedlungsstruktur „klimasicher“ zu gestalten (s. a. Kap. 4.11). Hierfür bieten sich Konzepte des „**climate proofing**“³⁸ an, welche im

³⁶ Nach der Definition der nationalen IKZM-Strategie (BMU 2006a; s. a. www.ikzmstrategie.de) ist unter IKZM „der dynamische, kontinuierliche, iterative, ausgewogene und vom Nachhaltigkeitsprinzip geleitete informelle Prozess der systematischen Koordination aller Entwicklungen im Küstenbereich in den durch die natürliche Dynamik und Belastbarkeit gesetzten Grenzen“ zu verstehen. Dabei sollen ausdrücklich auch die Auswirkungen des Klimawandels auf Küstenzonen berücksichtigt werden.

³⁷ Nach Birkmann et al. (2011: 4) beinhaltet „climate adaptation mainstreaming [...] die Reorganisation, Verbesserung, Entwicklung und Evaluation von Entscheidungsprozessen in allen Politik- und Arbeitsbereichen einer Organisation in Bezug auf die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels. Ziel des climate adaptation mainstreaming ist es, in politischen Entscheidungsprozessen auf allen Ebenen die Auswirkungen der zukünftigen klimatischen Veränderungen in die Abwägung mit einzubeziehen.“

³⁸ Birkmann & Fleischhauer (2009: 118) verstehen unter „climate proofing“ „Methoden, Instrumente und Verfahren [...], die

Kontext der Steigerung der Resilienz von Raumstrukturen und -nutzungen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels aktuell diskutiert werden (s. Kap. 7.3). Obwohl das bestehende raumplanerische Instrumentarium bereits eine Vielzahl von Ansatzpunkten bietet, um auf die Auswirkungen des Klimawandels zu reagieren, kann „climate proofing“ als Strategie zur Förderung einer klimawandelangepassten Raumentwicklung z. B. hinsichtlich des Umgangs mit Unsicherheiten und der Berücksichtigung verschiedener Zeithorizonte des Klimawandels sowie der Flexibilisierung von Planung dienen (weitere Details auch in Schuchardt et al. 2011). Diese Ansätze sind trotz notwendiger Weiterentwicklung und Anpassung an die jeweilige Sektorperspektive durchaus kompatibel mit den genannten Aspekten eines integrierten Risikomanagements (ARL 2011; Website ARL).

Im Rahmen eines ‚climate proofing‘ in der Raumplanung geht es also darum, bei der Ausarbeitung von raumbezogenen Plänen, Programmen und Projekten, die möglichen Auswirkungen von Klimaveränderungen sowie die daraus resultierende Gefährdung und Verwundbarkeit der jeweiligen Raumentwicklungsziele gegenüber den Folgen des Klimawandels zu berücksichtigen. Für die konkrete Umsetzung dieses Konzepts wäre eine Möglichkeit die Einbindung in die bestehenden Verfahren der **Umweltverträglichkeitsprüfung** (UVP) oder der **Strategischen Umweltprüfung** (SUP)³⁹ (vgl. Birkmann & Fleischhauer 2009; vgl. Fleischhauer & Bornefeld 2006). Im Gegensatz zum Fokus der UVP und SUP ist die Perspektive des „climate proofing“ allerdings darauf gerichtet zu ermitteln, welche Projektalternativen und Planungen auch unter veränderten Klimabedingungen und deren Folgewirkungen noch eine nachhaltige Raumentwicklung ermöglichen. Es geht nicht um die Betrachtung der Wirkungen eines Vorhabens oder Plans/Programms auf die Umwelt und das Schutzgut Klima, sondern umgekehrt um die Untersuchung der Auswirkungen möglicher zukünftiger, durch den Klimawandel veränderter Umweltbedingungen auf das Vorhaben bzw. den Plan/das Programm (Birkmann & Fleischhauer 2009). Statt also nur die Auswirkungen eines Vorhabens bzw. Plans oder Programms auf das Klima zu beurteilen, müsste darüber hinaus auch geprüft werden, „ob ein Plan oder ein Projekt auch unter einem sich wandelnden Klima mit allen seinen Auswirkungen noch tragfähig ist“ (Overbeck et al. 2008: 374). Dieser Perspektivenwechsel impliziert, „dass die Beurteilung des „climate proofings“ diejenigen Projektalternativen und Pläne priorisiert, die unter veränderten Klimabedingungen am ehesten den Leitbildern bzw. der Leitvorstellung nachhaltiger Raumentwicklung Rechnung tragen und möglichst resilient sind“ (Birkmann & Fleischhauer 2009: 118 f.).

Die sektoralen Analysen der Vulnerabilität haben gezeigt, dass viele Lebens- und Wirtschaftsbereiche sowie die natürliche Umwelt von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein werden. Aufgrund bestehender Unsicherheiten und der Schwierigkeit, das Ausmaß der Klimawirkungen präzise zu beschreiben, wird deutlich, dass aus **Vorsorgegründen** ein strategischer Ansatz zur Vorbereitung und Umsetzung von Maßnahmen zur Klimaanpassung sowohl sinnvoll als auch notwendig ist. Eine besondere Herausforderung ist dabei die hohe Komplexität, die sich aus der unterschiedlichen Betroffenheit, der Akteursvielfalt und unterschiedlichen Entscheidungsebenen sowie den sektor- und bereichsübergreifenden Zusammenhängen und Wechselwirkungen ergibt. Daher ist mit unbekanntem Konsequenzen des Klimawandels („Überraschungen“: s. Kap. 7.3) zu rechnen, die selbst die in weiten Teilen als hoch eingeschätzte gesellschaftliche Anpassungskapazität der MPR HB-OL überschreiten kann. Aus Vorsorgegründen ist daher zu empfehlen, den Prozess der Anpassung so rechtzeitig zu beginnen, dass die entsprechenden Anpassungswege vorbereitet sind und im Bedarfsfall zügig beschritten werden können. Sowohl für die Umsetzung sektorübergreifender als auch langfristiger, vorsorgeorientier-

absichern, dass Pläne, Programme und Strategien sowie damit verbundene Investitionen gegenüber den aktuellen und zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels resilient und anpassungsfähig gemacht werden [...].“

³⁹ Es wäre auch zu überlegen, ob neue Verfahren der Verträglichkeitsprüfungen eingeführt werden sollten. Hier ist beispielsweise eine Klimaverträglichkeitsprüfung (KVP) zu nennen, die in Österreich im Juli 2008 vom österreichischen Ministerrat als verpflichtend für die Prüfung von Regelungsvorhaben auf Bundesebene beschlossen worden ist. Die KVP in Österreich bezieht sich sowohl auf Regelungsvorhaben, die unmittelbar auf bestimmte treibhausgas- oder anpassungsrelevante Aktivitäten fokussieren, aber auch auf jene, deren unmittelbare Zielsetzungen außerhalb der Klima- und Umweltpolitik liegen, aber dennoch in ihrem Geltungsbereich klimarelevant sind (s. a. unter <http://www.klimastrategie.at/article/archive/26031>).

ter Anpassungsprozesse sind daher neue und/oder erweiterte Kooperations- und Partizipationsstrategien sowie die Sensibilisierung der Stakeholder und der Bevölkerung notwendig.

7.2 Kriterien zur Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen in einer Klimaanpassungsstrategie

Eine regionale, zeitlich strukturierte Klimaanpassungsstrategie benötigt sektorübergreifende – für die Umsetzung einer Klimaanpassungsstrategie auch gesellschaftlich akzeptierte – Kriterien für die Priorisierung von Handlungserfordernissen und Anpassungsmaßnahmen (Bundesregierung 2008; Vetter 2010). Prioritätensetzung für Anpassung sollte dabei auf einer integrierten, sektorübergreifenden Vulnerabilitätsbewertung basieren. Die Entwicklung von Kriterien für eine Priorisierung von möglichen Handlungserfordernissen dient der strukturierten Vorbereitung von Anpassungsmaßnahmen und -strategien (Website KomPass; Prutsch et al. 2010; UBA 2011).

Für die Priorisierung von Handlungserfordernissen für Anpassungsmaßnahmen auf der Basis der Ergebnisse der VA von ‚nordwest2050‘ bieten sich die Kriterien **Dringlichkeit** und **Synergieeffekte** an (s. a. Kap. 5.3 und Kap. 6.2):

- **Dringlichkeit:** Anpassungsmaßnahme wirkt auf besonders vulnerable Regionen oder Räume bzw. Sektoren oder Handlungsbereiche; frühzeitige Umsetzung der Anpassungsmaßnahme verhindert irreversible und dramatische Schäden; eine nicht rechtzeitige Umsetzung der Anpassungsmaßnahme führt zu deutlich höheren Kosten;
- **Synergieeffekte:** Anpassungsmaßnahme unterstützt bzw. steht nicht im Widerspruch zu Zielen anderer politischer Strategien wie Nachhaltigkeit, Biodiversität, Klimaschutz usw.; Anpassungsmaßnahme hat positive Effekte auf andere Sektoren und schafft dadurch win-win-Situationen; Anpassungsmaßnahme führt zu generell unanfälligeren, resilienten Strukturen bzw. Systemen (s. a. Kap. 7.3);

7.2.1 Dringlichkeit

Hinweise auf die Dringlichkeit für Handlungs- und Anpassungserfordernisse können aus den spezifischen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen des Klimawandels gezogen werden, wobei die Höhe und der Zeitpunkt des Auftretens von Klimawirkungen – also Auswirkungen des Klimawandels bereits zu beobachten bzw. eingetreten oder in naher Zukunft zu erwarten – als Ergebnis der sektoralen Vulnerabilität eine Dringlichkeitseinschätzung ermöglicht.

Kurzfristig einzuleitende Anpassungsmaßnahmen und -strategien sind überall dort vordringlich, wo durch Extremereignisse schon heute hohe Schäden oder Gefahren verursacht werden. Hier von wäre z. B. das Bauwesen betroffen, wo z. B. eine freiwillige Bemessung auf höhere Windlasten bei einem Neubau im Vergleich zu einer Verstärkung eines bestehenden Gebäudes nur geringe Mehrkosten verursacht. Für die Wasserwirtschaft bergen z. B. kurzfristige Starkregenereignisse die Gefahr, dass Mischkanalisationen entlastet werden müssen, was unerwünscht erhöhte Stoffeinträge in Gewässer zur Folge hat. Zudem kann es infolge der Zunahme von Starkregenereignissen insbesondere in Gewässern mit einem kleinen Einzugsgebiet häufiger zu kurzfristigen und lokal begrenzten Hochwasserereignissen kommen.

Eine höhere Dringlichkeit für Klimaanpassung besteht weiterhin dort, wo frühzeitig die Weichen für langlebige Entscheidungen und/oder Strukturen gestellt werden müssen (vgl. hierzu Kap. 7.1). Beispiele sind die langlebigen Infrastrukturen der Hafen- und Energiewirtschaft, aber auch des Küstenschutzes (entsprechend fällt die sektorale Vulnerabilität im Küstenschutz sowie der Kritischen Infrastrukturen⁴⁰ der Hafenwirtschaft & Logistik bei hoher Geschwindigkeit des Klimawan-

⁴⁰ Unter dem Begriff Kritische Infrastruktur (KRITIS) werden nach dem BMI (2009: 3) „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“ verstanden.

dels hoch aus: s. Tabelle 18 in Kap. 6.1). Das bedeutet, dass heute zu treffende Entscheidungen, die die Randbedingung Klimawandel nicht berücksichtigen, eine Entwicklung manifestieren können, die sich im Klimawandel als schädlich herausstellt (z. B. aufwändige und teure Nachrüstung oder komplette Neuplanung). Für eine Klimaanpassungsstrategie der MPR HB-OL ist es daher prioritär auf die Anpassung der Kritischen Infrastrukturen zu fokussieren, auch weil hier z. T. bis zum Beginn und der Umsetzung von Maßnahmen lange Zeiträume vergehen können (Planungszeitraum, Bauphase⁴¹). Hiervon profitieren sowohl alle betrachteten Wirtschaftssektoren, für die der Import (z. B. Futtermittel und Energierohstoffe) und der Export von Gütern (z. B. Nahrungsmittel) bzw. die Bereitstellung regionaler Dienstleistungen (z. B. Energieversorgung, Hafen- und Logistikdienstleistungen und touristische Angebote) notwendige Voraussetzung für eine zukünftige Wertschöpfung darstellt, als auch der von der Funktionsfähigkeit der Kritischen Infrastrukturen abhängige Bevölkerungs- und Katastrophenschutz. Da im Küstenschutz diese Dringlichkeit erkannt worden ist, ist mit der Anpassung an klimawandelbedingt veränderte Wasserstände begonnen worden (s. Kap.4.4).

Frühzeitige Anpassung ist weiterhin überall dort einzuleiten, wo neue Strategien unter Klimawandelbedingungen notwendig werden könnten (z. B. dezentrale Energienetze, raumbezogener Küstenschutz, nationale Hafenkonzepte). Treten die oberen Spannweiten der in den regionalen Klimaszenarien angenommenen Klimaänderungen ein, so wird wahrscheinlich die „gewohnte“ Anpassung in einigen Fällen nicht ausreichend sein. Hierfür ist eine frühzeitige Sensibilisierung der Entscheidungsträger, Stakeholder und der Bevölkerung entscheidend, die eine Klimaanpassungsstrategie für die MPR HB-OL gewährleisten muss. Sinnvollerweise sollte eine solche Sensibilisierungsstrategie in ein regionales Risikomanagement eingebunden sein (s. 7.1), welches Partizipations- und Kooperationsformen auch so gestaltet, dass sowohl eine räumlich als auch sektorübergreifende Bearbeitung regionaler Risikobewältigungsmaßnahmen möglich wird.

7.2.2 Synergieeffekte

Die Erkenntnisse der Klimafolgen- und Klimaanpassungsforschung zeigen, dass es eine Vielzahl von Maßnahmen gibt, deren Zusammenwirken Synergiepotenziale bzw. -effekte – im Sinne von sich gegenseitig fördernden Faktoren – schaffen kann (z. B. IFOK 2009; Berry 2009; BfN 2009; Siebenhüner et al. 2009; Wiegand 2010; Zebisch et al. 2005). Auch die DAS betont, dass die gezielte Nutzung von Synergien insbesondere mit Maßnahmen des Klimaschutzes anzustreben ist: „Im Sinne einer integrierten Herangehensweise sollten Bund und Länder integrative Maßnahmen prüfen und ergreifen, die Synergien zwischen Naturschutz, Klimaschutz und Anpassung nutzen und die Biodiversität erhalten.“ (Bundesregierung 2008: 26). Hintergrund hierfür ist auch, dass das Vorhandensein von Synergieeffekten bedeutsam für die Umsetzbarkeit bzw. Akzeptanz einer regionalen Klimaanpassungsstrategie sein kann.

Auf Basis der Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse sind synergetisch wirkende Anpassungsmaßnahmen z. B. (s. a. Kap. 5.3):

- Anpassungsmaßnahmen zum Erhalt oder der Verbesserung der natürlichen Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme und damit Gewährleistung der Inanspruchnahme gesellschaftlich benötigter Ökosystemdienstleistungen wie z. B. Wiederanbindung von Flussauen und Öffnung von (Sommer-) Deichen, Unterstützung des Mitwachsvermögens der Deichvorländer, Erweiterung von Schutzgebieten, Ausweitung von Biotopverbundsysteme, Renaturierung von Feuchtgebieten, Boden schonende landwirtschaftliche Bearbeitung und Erweiterung städtischer Grünflächen;
- Anpassungsmaßnahmen zum Erhalt bzw. zur Anpassung der (langlebigen) Kritischen Infrastrukturen (z. B. Küstenschutzbauwerke, Bauwerke mit innovativer Gebäudetechnologie, Energienetze und dezentrale Wärme- und Stromverbundsysteme, Netze für Kommunikation usw.);

⁴¹ Für Anpassungsmaßnahmen sind verschiedene Zeiträume von Bedeutung: Ein strukturierter Anpassungsprozess sollte zwischen dem Beginn der Umsetzung, der Dauer der Umsetzung und der Wirkungsdauer einer Maßnahme differenzieren können (Prutsch et al. 2010; Vetter 2010).

- Anpassungsmaßnahmen und Strategien für neue sektorübergreifende Kooperationsformen zur Behandlung und Lösung heutiger und zukünftiger (verstärkt auftretender) Konflikte auch im Zusammenhang mit anderen umwelt- und klimapolitischen Zielen.

Es kann festgehalten werden, dass Synergieeffekte insbesondere durch die Erhaltung oder Verbesserung der natürlichen Anpassungsfähigkeit im Zusammenhang mit den Ökosystemdienstleistungen generiert werden können. Dieses sollte daher ein zentraler Aspekt einer Anpassungsstrategie sein, da mehr oder weniger alle gesellschaftlichen Bereiche davon profitieren könnten und sich ein hohes Chancenpotenzial bietet (s. a. Kap. 6.2). Außerdem ergibt sich hieraus eine querschnittsorientierte Herausforderung, bei der Strategien und Instrumente zur Aushandlung der vielfältigen Landnutzungsansprüche und -konflikte (z. B. seitens der Raumplanung) gefragt sind und sektorübergreifende Lösungsansätze benötigt werden, die nur eine integrierte Klimaanpassungsstrategie liefern kann.

Weiterhin sollte Anpassung an den Klimawandel ein integraler Bestandteil nachhaltiger Entwicklung sein. Die nachhaltige Gestaltung und Nutzung von ökologischen Systemen zur Gewährleistung benötigter Nutzeransprüche auch unter Klimawandelbedingungen ist dementsprechend ein wichtiger Bestandteil einer auf Synergien setzenden Klimaanpassungsstrategie (Colls et al. 2009; Pérez et al. 2010). Dieses insbesondere auch aufgrund der Tatsache, dass der Klimawandel die Gesellschaft wesentlich über seine Wirkungen auf Ökosysteme, auf Artenvielfalt und auf die Nutzbarkeit von Ökosystemdienstleistungen beeinflussen wird (CBD 2009; Haas et al. 2010). Die nachhaltige Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen auch unter Klimawandelbedingungen muss daher für Anpassungsbemühungen zentral sein.

Synergieeffekte können sich auch im Zusammenhang mit anderen (klima- oder umweltrelevanten) Politikzielen ergeben. Um diese zu fördern bzw. zu nutzen, sind integrale Ansätze anzustreben, die die für Klimaanpassung erforderlichen Strategien und Maßnahmen mit den Fachpolitiken dieser Ziele verbinden können. Besonders relevant erscheinen hier die Ziele der Convention on Biological Diversity (CBD), der Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL), der Europäische Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EG-HWMRL), der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (mit den Zielen die Flächeninanspruchnahme zu reduzieren, die Artenvielfalt zu erhalten und die Landbewirtschaftung durch Reduktion der Stickstoffüberschüsse und Steigerung der Anbaufläche für den ökologischen Landbau umweltverträglich zu gestalten) und der internationalen Vereinbarungen zum Klimaschutz (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Kyoto-Protokoll und Copenhagen-Accord). Die konsequente Unterstützung der Umsetzung von Maßnahmen in diesen Richtlinien oder Übereinkommen muss daher ein wichtiger Bestandteil einer regionalen Klimaanpassungsstrategie sein. Hier könnte auch die Erkenntnis, dass Klimaanpassung notwendig werden wird, als zusätzlicher Begründungszusammenhang in die Argumentation eingebracht werden, um die Umsetzung der genannten Fachpolitiken und -ziele zu stärken und bestehende Vollzugsdefizite abzubauen (Beck et al. 2011; Vetter 2010).

7.3 Berücksichtigung von Unsicherheiten: Flexibilität gewährleisten, Resilienz erhöhen

Anpassungshandeln unter Bedingungen von Unsicherheit bzw. unsicherem Wissen erfordert Flexibilität. Die Langfristigkeit der Anpassungsprozesse, die kontinuierliche Erweiterung des aktuellen „Klimawissens“ (s. a. Kap. 3.2), die Verbesserung des Wissens über klimawandel- und klimaanpassungsbedingte Wechselwirkungen als Ergebnis von Vulnerabilitätsanalysen sowie die Intensivierung der Anpassungsforschung und Evaluierung von Anpassungserfolgen erfordern Möglichkeiten zur Nachsteuerung.

Der Umgang mit „Klimawissen“, also den auf der Basis von Klimaprojektionen festgelegten Klimaszenarien sowie den damit verbundenen Spannweiten, ist ein für alle Sektoren relevanter Aspekt der durchgeführten VA. In Kap. 5.1 ist bereits zusammenfassend dargestellt, welche Aussagen bezüglich Klimawandel und Extremereignisse gemacht werden können, wie z. B. Unsicherheiten über die natürliche Klimavariabilität und über die statistischen Eigenschaften von Extremereignissen. Trotz erheblicher Verbesserung des Wissens über den möglichen Klimawan-

del in den letzten Jahren verbleiben Defizite im Prozessverständnis der Klimaänderungen und der Klimawirkungen, unzureichende Repräsentation der physikalischen, natürlichen und gesellschaftlichen Prozesse in Klimamodellen bzw. Klimawirkmodellen (Jacob & Mauser 2010) sowie über die Weiterentwicklung selbstverstärkender Rückkopplungsmechanismen (Tipping-Elemente und -Prozesse), so dass mit Spannweitenangaben gearbeitet werden muss. Dabei ist die Unsicherheit über Intensität und Geschwindigkeit des Klimawandels ein generelles Problem aller Zukunftsbetrachtungen und damit auch der Klimafolgenforschung (Schirmer 2005, Schirmer et al. 2007). Wegen der prinzipiellen Unmöglichkeit, in die weitere technische, gesellschaftliche oder ökonomische Zukunft zu sehen (z. B. bezüglich Bevölkerungswachstum, Energieproduktion, Landnutzung, Technologietransfer und der resultierenden Effekte auf die Treibhausgasemissionen), gibt es grundsätzliche Grenzen der Prognostizierbarkeit der Klimaentwicklung (ausführlich diskutiert in IPCC 2001; s. a. Schuchardt et al. 2010a).

Bei der Verwendung von Klimawissen aus den regionalen Klimaszenarien für die Abschätzung von Klimawirkungen und Anpassungserfordernissen ist also zu beachten, dass Unsicherheiten inhärent sind und die Gründe für die Fokussierung auf einen bestimmten Bereich der Spannweiten der Klimaszenarien oder der Ergebnisse der VA im Zuge von Anpassungsstrategien oder -prozessen explizit kommuniziert werden muss (Jacob et al. 2008). Es wird daher empfohlen, neben den mittleren Änderungen für ein ausgewähltes Emissionsszenario (wie z. B. A1B) im Rahmen der Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen zusätzlich immer auch emissions- und modellbedingte Spannweiten der Änderungen mit zu betrachten. Die VA von ‚nordwest2050‘ hat einen solchen „Ensemble-Ansatz“ als Grundlage für die Bewertung der potenziellen Auswirkungen, der Anpassungskapazität und der Vulnerabilität durchgeführt.

Insbesondere für die Entscheidungsfindung spielen Unsicherheitsaspekte eine zentrale Rolle, da (weitreichende) Entscheidungen optimalerweise auf robusten oder belastbaren Klimaaussagen basieren sollten. Relevant wird dieses für die Vulnerabilitätsbewertung auch deshalb, da hohe Unsicherheiten häufig die Bereitschaft zur Anpassung – als ein Faktor für die Einschätzung der gesellschaftlichen Anpassungskapazität – verringert und damit die Anpassungskapazität nachteilig beeinflusst. Die Unsicherheiten, die in den z. T. großen Spannweiten der beiden regionalen Klimaszenarien deutlich werden, reduzieren die Belastbarkeit der Klimaszenarioaussagen für die politische Entscheidungsfindung zur Anpassung und dies kann u. U. dazu führen, dass Prozesse für Anpassungsmaßnahmen und -strategien nicht eingeleitet werden. Die Akteure der Region stehen damit vor der Herausforderung, mit dem unsicheren Wissen – auch dem der vorliegenden Vulnerabilitätsanalyse – umgehen zu müssen, sollen die identifizierten Risiken verringert und die Chancen genutzt werden. Ein für alle Sektoren gemeinsamer, die Vulnerabilitätshöhe bestimmender Aspekt ist daher die Frage, ob Entscheidungsträgern ein angemessener Umgang mit Unsicherheiten möglich ist. Für einen solchen Umgang hinsichtlich der Entscheidungsfindung für Klimaanpassung kann Folgendes empfohlen werden:

- **Schaffung einer belastbaren Informations- und Wissensgrundlage über den Klimawandel:** Da die regionalen Klimamodelle und die daraus abgeleiteten regionalen Klimaprojektionen bzw. -szenarien unterschiedliche Ergebnisse liefern, sollten die Aussagen über den möglichen Klimawandel für die Anpassungsplanung nicht nur auf einem Emissionsszenario oder nur einem Klimamodell basieren. Zur Ableitung der Spannweiten möglicher Klimaänderungen sollten vielmehr mehrere Emissionsszenarien und mehrere regionale Klimamodelle verwendet werden. Der für die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien in Schuchardt et al. (2010a und 2010b) dargestellte Ansatz folgt dieser Empfehlung. Dabei zeigt sich, dass die Ergebnisse der verschiedenen Klimamodelle in vielen Grundtendenzen übereinstimmen und die Belastbarkeit der Modellergebnisse für einige Klimaparameter (z. B. Temperatur und Temperaturkenntage) vergleichsweise hoch ist. Nicht alle Klimaparameter sind gleich unsicher und Mittelwerte können generell zuverlässiger projiziert werden als klimatische Extremwerte (BMVBS 2007, IFOK 2009, Daschkeit & Renken 2009). Zurzeit besteht die größte Unsicherheit bei den Extremereignissen wie Starkniederschläge, Hitzewellen und Stürme sowie den resultierenden extremen Binnenwasserabflüssen und Sturmfluten (vgl. a. Kap. 5.1).

- **Intensivierung der Kommunikation und Kooperation zwischen Wissenschaft und Praxis:** Die Unsicherheiten in den Aussagen zu Klimaänderungen und Klimafolgen sollten nicht nur weiterhin analysiert werden, sondern müssen auch anhand geeigneter Strategien kommuniziert werden, um eine gute Wissensgrundlage praxiswirksam umsetzen zu können. Dazu gehören von der Klima- und Klimafolgenforschung zu entwickelnde Verfahren und Instrumente, die das Verständnis von Unsicherheiten erleichtern, wie z. B. grafische Darstellungen oder statistische Maße, die einen unmittelbaren Eindruck vom Grad der Unsicherheit geben. Das Verschweigen von Unsicherheiten oder Spannbreiten würde eine nicht vorhandene Sicherheit suggerieren (BMVBS 2007, IFOK 2009, Daschkeit & Renken 2009). Widersprechen sich Aussagen der in den Klimaszenarien zusammengefassten Projektionen, sollte das nicht nur kommuniziert werden, sondern im Zweifel auch mit entgegen gesetzten „Klimazukünften“ gerechnet und geplant werden (EC 2009, IFOK 2009, Walkenhorst & Stock 2009). Mittlerweile hat sowohl die Klima- und Klimafolgenwissenschaft als auch die Praxis und Politik erkannt, dass Kommunikation und Zusammenarbeit an der Schnittstelle von Klimaforschung und Anwendern entscheidend für die Nutzung der Klimaprojektionen und einen nachhaltigen Anpassungsprozess sind (BMVBS 2010a). In den letzten Jahren sind hierzu Institutionen oder Einrichtungen wie z. B. das „Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung“ (KomPass), das „Climate Service Center“ (CSC) oder die regionalen Klimabüros der der Helmholtz-Gemeinschaft entstanden, um einen Kommunikationsfluss an dieser Schnittstelle zu sichern und zu verbessern.
- **Fokus auf Anpassungsansätze, die schon heute sinnvoll und flexibel nachjustierbar sind:** Da in vielen Fachplanungen klimawandelbedingt Ergänzungen und Anpassungen von bestehenden planerischen Zielen oder Vorgaben notwendig werden, stellt sich die Frage, wie Handeln unter Unsicherheit möglich gemacht werden kann. Um die kontinuierlich verbesserte Wissensgrundlage nutzen zu können und vom intensivierten Austausch zwischen Wissenschaft und Handlungspraxis profitieren zu können, ist es notwendig, Anpassungsmaßnahmen oder -strategien so zu gestalten, dass für sie neue Erkenntnisse einbezogen werden können und sie gegebenenfalls nachjustierbar sind. Die Einführung von Risikozuschlägen oder „Klima- bzw. Baureserven“ als sog. „no regret“- oder „low-regret“-Ansätze, z. B. bei der Bemessung von Deichanlagen wie im Generalplan Küstenschutz für Niedersachsen und Bremen (NLWKN 2007) oder im Generalplan Inselfchutz für die Ostfriesischen Inseln (NLWKN 2010) vorgesehen, können hier geeignet sein. Auch die Auslegung von Hochwasserschutzanlagen oder von Kanalisationssystemen, Regenrückhaltebecken und Versickerungsanlagen muss langfristig erfolgen und gleichzeitig bei Bedarf (z. B. bei neuen Erkenntnissen der Klimaforschung) flexibel kostengünstig anpassbar sein. Es sollten bei der Auswahl von Anpassungsmaßnahmen also solche bevorzugt werden, die eine flexible Nachsteuerung ermöglichen, sowie solche, die in der Lage sind die schon heute auftretende Extremereignisse abzumildern. Damit lässt sich nicht nur eine starre Fixierung auf die Diskussionen über Unsicherheit in den Aussagen zum Klimawandel vermeiden, sondern sich sinnvolle Klimaanpassung auch dann begründen, wenn der Klimawandel regional schwächer auswirkt als projiziert (EC 2009, IFOK 2009, Stock et al. 2009). Die frühzeitige Umsetzung von Maßnahmen oder Strategien zur Klimaanpassung, die auch dann sinnvoll sind, wenn sich das Klima nicht so ändert wie befürchtet, hilft den Entscheidungsträgern in ihrer Begründung für Klimaanpassungsaktivitäten. Solche ‚Maßnahmen ohne Reue‘ liefern auch ohne Klimawandel einen gesellschaftlichen Mehrwert und können zur Erreichung anderer wichtiger gesellschaftlicher oder politischer Entwicklungsziele führen.

Insgesamt ist jedoch die Frage, was Maßnahmen ohne Reue (no regret-Maßnahmen) sein können, noch vergleichsweise unklar und mit wenigen Beispielen beschrieben. Zu den no regret-Maßnahmen gehören insbesondere solche, die vor dem Hintergrund der schon heute existierenden Problem- und Konfliktkonstellationen durchgeführt werden sollten bzw. müssen, die aber gleichzeitig die Auswirkungen des Klimawandels antizipieren. In den Sektoren, für die no regret-Strategien zu empfehlen sind, besteht also auch ohne den Klimawandel hoher Handlungsbedarf, der sich sehr wahrscheinlich klimawandelbedingt vergrößern wird (Zebisch et al. 2005). No regret-Beispiele sind:

- Umsetzung der EG-WRRL zur Erreichung eines guten ökologischen Gewässerzustands;
- Umsetzung der EG-HWMRL mit Ausweisung von Risikogebieten/-zonen auch im Küsten- und Ästuarbereich;
- Etablierung von Informations- und Beteiligungsmöglichkeiten im Rahmen eines IKZM, der Aarhus-Konvention und der UVP/SUP-Pflichten auch zur Schaffung einer Risikokultur bzw. eines Risikodiskurses („risikomündiger Bürger“);
- Unterstützung der Absicherung von Elementarschäden aufgrund von Extremereignissen durch Versicherungen (auch zur Erhöhung des individuellen Risikobewusstseins und -vorsorge);
- Maßnahmen zur Verringerung des Energiebedarfs unabhängig vom Klimawandel, z. B. Dämmung des Gebäudebestandes: Verringerung des Heiz- als auch des Kühlbedarfs;
- Erhöhung der Resilienz als Strategie für den Umgang mit „Überraschungen“ bzw. dem Unerwarteten (s. Kuhlicke & Kruse 2009) auch unabhängig von den Klimawirkungen.

Vor allem die Erhöhung der **Resilienz** ist zentraler Bestandteil der Forschungsarbeit in ‚nordwest2050‘, da Resilienz als allgemeines Leitkonzept im Kontext der Klimaanpassung dienen kann, aus dem sich Zielkriterien ableiten lassen, anhand derer sich Anpassungs- und Veränderungsbemühungen orientieren. Zusätzlich kann eine Resilienzstrategie zu einem adäquaten und vorsorgeorientierten Umgang mit den Unsicherheiten beitragen (Fichter et al. 2010), die allen auf Klimaprojektionen basierenden Klimaanpassungsstrategien inhärent sind.

Zusätzlich erfordert auch die im Vorhaben ‚nordwest2050‘ zu entwickelnde Roadmap of Change eine fundierte Zielorientierung, für die das Gestaltungsleitbild „Resiliente Region“ geeignet erscheint. Resilienzkonzepte können dabei Anpassungsmöglichkeiten von Systemen an sich rasch verändernde, turbulente (Klima-) Bedingungen beschreiben. Ausgehend von den Anpassungsnotwendigkeiten, die nötig sind, um die Risiken des Klimawandels zu minimieren und gleichzeitig die Chancen, die mit ihm verbunden sind, zu ergreifen, wird in der Roadmap vor allem rückwärts vom angestrebten Zustand im Jahr 2050 in die Gegenwart gedacht, um so konkrete Handlungsempfehlungen für die Umsetzung einer langfristigen regionalen Klimaanpassungsstrategie und zur Erreichung einer resilienten Region zu formulieren. Nach Fichter et al. (2010: 9–10) löst sich damit der Betrachtungsfokus „ein Stück weit von den erwartbaren Störimpulsen und konzentriert sich stärker auf die Anpassungsfähigkeit bzw. ‚Fitness‘ der betroffenen Systeme. Resilienz wird daher in ‚nordwest2050‘ als Gestaltungsleitkonzept entwickelt und vom Analysekonzept der Vulnerabilität abgegrenzt. Das Leitkonzept Resilienz zielt auf die Verbesserung der Fähigkeiten der betroffenen Systeme, ihre Dienstleistungen auch unter Klimastress bzw. allgemein in turbulenten Umgebungen (trotz massiver äußerer Störungen und interner Ausfälle) aufrecht zu erhalten.“

Die Roadmap of Change für die MPR HB-OL mit dem Zeithorizont 2050 wird als langfristiger Fahrplan der Klimaanpassung konzipiert. Dazu wird während der Erarbeitung der Roadmap ein kontinuierlicher öffentlicher Dialog mit der Zivilgesellschaft und maßgeblichen bzw. interessierten Akteuren der Region geführt, wofür existierende Netzwerke genutzt und neue Netzwerke geschaffen werden. Theoretische Grundlagen auch über die Möglichkeiten und Herausforderungen einer strategischen Netzwerkbildung finden sich in Fichter et al. (2010). Im Zusammenhang mit der Öffentlichkeitsarbeit, für die ein Kommunikationskonzept entwickelt wird, wird als ein wichtiger Meilenstein ein „Regionales Informationssystem Klimaanpassung“ (RISKA) erstellt, welches u. a. eine öffentlichkeitswirksame Aufbereitung der Ergebnisse der VA zum Ziel hat.

Abschließend muss betont werden, dass selbst große Unsicherheiten nicht zu Untätigkeit bei der Klimaanpassung führen dürfen und weiterhin alle Bemühungen und Maßnahmen zum Klimaschutz intensiv verfolgt werden müssen. Ohne ambitionierten Klimaschutz wächst die Wahrscheinlichkeit, dass Klimawirkungen eintreten, gegen die Anpassung nicht mehr möglich ist oder nur zu hohen ökologischen, ökonomischen und sozialen Kosten zu haben wäre, die möglicherweise selbst die Anpassungsmöglichkeiten der Gesellschaften reicher Industrieländer überstei-

gen könnten (Walkenhorst & Stock 2009). Zusätzlich kann ein weiterhin ungebremster Klimawandel sog. Kipp-Prozesse im globalen Klimasystem in Gang setzen, die zu erheblichen weiteren Klimaveränderungen führen (UBA 2008, Schellnhuber 2009). Obwohl solche sich selbstverstärkende irreversiblen Prozesse mit den heutigen Klimamodellen nur schwer abzuschätzen sind steht fest, dass sie gravierende Auswirkungen hätten und daher ernst genommen werden sollten. Über beide Aspekte, also den der Frage nach den Grenzen von Anpassung (insbesondere auch der natürlichen Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme) und den der weiteren Entwicklung der Kipp-Prozesse und ihrer Folgen, besteht weiterhin Forschungsbedarf.

8. Quellenverzeichnis

8.1 Literatur

Adger, W. N. (2000): Institutional adaptation to environmental risk under the transition in Vietnam. In: *Annals of the Association of American Geographers* Nr. 90: 738–758

Akamp, M. & H. Schattke (2011): Regionale Vulnerabilitätsanalyse der Ernährungswirtschaft im Kontext des Klimawandels. Eine Wertschöpfungskettenbetrachtung der Fleischwirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. 8. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 117
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=239&unid=93bafc25af5ad8512b116fb0d7b0289c, 18.04.2011]

Akamp, M., M. Mesterharm & M. Müller (2010): Vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse. 1. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 41
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=174&unid=6fde5d91f9c547ae3856c6e18e4abd4b, 02.02.2011]

Akamp, M., N. Karlstetter & H. Schattke (2011): Die Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien. Bedarfe und Potenziale in der Fleischwirtschaft. In: Karczmarzyk, A. & R. Pfriem (Hrsg.): *Klimaanpassungsstrategien von Unternehmen*. Marburg: Metropolis Verlag: 287–312

Allianz Deutschland AG (Hrsg.) (2008): *Katastrophenschutz auf dem Prüfstand – Analysen, Prognosen und Empfehlungen für Deutschland*. Studie der Allianz Deutschland AG mit Unterstützung der AZT Risk & Technology GmbH.
[http://www.allianzdeutschland.de/presse/news/studie_katastrophenschutz.pdf, 05.11.2010]

Anderson, H.R., R.G. Derwent & J. Stedman (2002): *Air Pollution and Climate Change*. In: Department of Health (Hrsg.): *Health Effects of Climate Change*. Selbstverlag London.
[http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_4007935, 25.10.2010]

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2009): *Klimawandel als Aufgabe der Regionalplanung*. Positionspapier aus der ARL, Nr. 81, Hannover [http://www.arl-net.org/pdf/pospapier/PosPaper_81.pdf, 15.01.2010]

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2011): *Zukünftige Ausgestaltung des Risikomanagements in der Raumplanung*. Positionspapier aus der ARL, Nr. 86, Hannover [http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/pospapier_86.pdf, 10.01.2011]

Badeck, F., K. Böhning-Gaese, W. Cramer, P. Ibisch, S. Klotz, I. Kühn, K. Vohland & U. Zander (2007): *Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungsoptionen*. In: *Natura 2000 und Klimaänderungen*. Bonn – Bad Godesberg, Bundesamt für Naturschutz, Naturschutz und Biologische Vielfalt. Vol. 46: 151–167

Badeck, F., S. Pompe, I. Kühn & A. Glauer (2008): *Wetterextreme und Artenvielfalt. Zeitlich hochauflösende Klimainformationen auf dem Messtischblattraster und für Schutzgebiete in Deutschland*. *Naturschutz & Landschaftsplanung*, 10/2008: 343–345

Bahrenberg G., B. Belina, A. Hartrampf, K.M. Hesse & G. König (2000): Abschlussbericht des Teilprojektes „Flächennutzung und Regionalplanung“ im Forschungsvorhaben „Klimaänderung und Unterweserregion (KLIMU)“ im Rahmen des Verbundvorhabens „Klimaänderung und Küste“

Bahrenberg, G. (2005): Entwicklungsperspektiven des ländlichen Raums im Zeichen eines Klimawandels. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag: 281–296

Bahrenberg, G. & G. König (2005): Sozialräumliche Wirkungen eines Klimawandels im Unterwesergebiet – eine qualitative Analyse. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2005): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag: 173–192

Bakker, J.P., J. Bunje, K. Dijkema, J. Frikke, N. Hecker, B. Kers, P. Körber, J. Kohlus & M. Stock (2005): Salt Marsh. In: K. Essink, C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Lüerßen, H. Marencic, & W. Wiersinga (eds.): Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem, 19: 163–179

Balzer, S., M. Dieterich & B. Beinlich (2007): Natura 2000 und Klimaänderungen. Tagungsband zur gleichnamigen Tagung vom 28.–31. August 2006 auf der Insel Vilm. Naturschutz und Biologische Vielfalt 46: 1–173

Barriopedro, D., E.M. Fischer, J. Luterbacher, R.M. Trigo & R. García-Herrera (2011): The Hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe. Science. Doi: 10.1126/science.1201224

Bartels, C., M. Barth, S. Burandt, I. Carstensen, C. Endler, E. Kreilkamp, A. Matzarakis, A. Möller & S. Schulz (2009): Sich mit dem Klima wandeln! Ein Tourismus-Klimafahrplan für Tourismusdestinationen. Herausgeber: Forschungsprojekt KUNTIKUM – Klimatrends und nachhaltige Tourismusentwicklung in Küsten- und Mittelgebirgsregionen. Leuphana Universität Lüneburg und Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: 60 [http://www.klimatrends.de/?page_id=1797, 26.11.2010]

BBAW – Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Interdisziplinäre Arbeitsgruppe *Globaler Wandel – Regionale Entwicklung* (Hrsg.) (2010): Arbeitskreis *Klimawandel und Raumplanung* der Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Planungs- und Steuerungsinstrumente zum Umgang mit dem Klimawandel. Diskussionspapier 8, 07/2010. Berlin

BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2007a): Klimawandel – Mögliche Anforderungen an den Bevölkerungsschutz – Grundlagen. Praktikumsbericht [http://www.bbk.bund.de/nn_402296/SharedDocs/Publikationen__extern/Kritis/Bericht_20Klimawandel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Bericht%20Klimawandel.pdf, 17.09.2010]

BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2007b): Für den Notfall vorgesorgt – Vorsorge und Eigenhilfe in Notsituationen. Bonn [http://www.bbk.bund.de/cln_028/nn_398720/SharedDocs/Publikationen/Broschueren__Flyer/Brosch__FdN,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Brosch_FdN.pdf, 17.09.2010]

BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2008): Global denken – lokal handeln. Jahresbericht des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2007. Bonn [http://www.bbk.bund.de/cln_012/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Jahresberichte/Jahresbericht__2007,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Jahresbericht_2007.pdf, 26.10.2010]

- BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2009): Anpassungsstrategien an den Klimawandel – Anforderungen an den Bevölkerungsschutz. Wissenschaftsforum, Band 5. Bonn
[http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Publikationen/Wissenschaftsforum/Band-5-WF__Anpassungsstrategien-Klimawandel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Band-5-WF__Anpassungsstrategien-Klimawandel.pdf, 26.10.2010]
- BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2010a): Bevölkerungsschutz in Deutschland – Informationen für Betreiber Kritischer Infrastrukturen. Bonn
[http://www.bbk.bund.de/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Broschueren__Flyer/Faltblatt__bevoelkerungsschutz-management,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Faltblatt__bevoelkerungsschutz-management.pdf, 29.10.2010]
- BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2010b): Methode für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz. Wissenschaftsforum, Band 8. Bonn
[http://www.bbk.bund.de/cIn_012/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Wissenschaftsforum/Bd8__Methode-Risikoanalyse-BS,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Bd8__Methode-Risikoanalyse-BS.pdf, 20.12.2010]
- BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2010c): Anpassungsbedarf: Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Bevölkerungsschutz. Dialoge zur Klimaanpassung – Bevölkerungsschutz. Vortrag am 15.04.2010 am UBA in Dessau von Frau Susanne Krings
- Beck, S., J. Bovet, S. Baasch, P. Reiß & C. Görg (2011): Synergien und Konflikte von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig; Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, Climate Change 18/2011, Forschungskennzahl 3709 41 126: 71
- Becker, A., I. Satoshi, M. Fischer & B. Schwegler (2010): Climate Change Impacts on International Seaports: Knowledge, Perception, and Planning Efforts among Port Administrators, Stanford University, Entwurf
- Becker, P. (2005): Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes: Notfallvorsorge. Zeitschrift für Katastrophenmanagement und Humanitäre Hilfe: 22–23
- Becker, P. (2010): Klimawandel – Extremwetter – Frühwarnsysteme. Vortrag 2. UBA Anpassungskonferenz, Dessau-Roßlau, 2. und 3. September 2010
[http://www.anpassung.net/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/100902-03_20Forschungskonferenz__UBA__DWD/2__Becker__DWD__Klimawandel-Extremwetter-Fruehwarnsysteme,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/2__Becker__DWD__Klimawandel-Extremwetter-Fruehwarnsysteme.pdf, 17.03.2011]
- Beermann, M. (2011a): Regionale Vulnerabilitätsanalyse der Ernährungswirtschaft im Kontext des Klimawandels. Eine Wertschöpfungskettenbetrachtung der Fischwirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. 7. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 38
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=220&unid=6fde5d91f9c547ae3856c6e18e4abd4b, 02.02.2011]
- Beermann, M. (2011b): Das Resilienz-Konzept als analytische Kategorie in der Fischwirtschaft. In: Karczmarzyk, A. & R. Pfriem (Hrsg.): Klimaanpassungsstrategien von Unternehmen, Marburg: 274
- Beese, F. (2009): Präsentation des KLIFF-Vorhabens vor der Regierungskommission in Hannover am 04.06.2009

Begon, M. E., J. L. Harper & C. R. Townsend (1998): Ökologie. Spektrum Akademischer Verlag: 750

Beierkuhnlein, C. & T. Foken (2007): Klimaanpassung Bayern 2020. Der Klimawandel und seine Auswirkungen – Kenntnisstand und Forschungsbedarf als Grundlage für Anpassungsmaßnahmen. Studie des Bayerischen Landesamt für Umwelt, Bayreuth: 42

Berry, P. (2009): Climate change: Impacts of mitigation and adaptation measures on biodiversity. Results from the project „Minimisation of and Adaptation to Climate change Impacts on Biodiversity“ (MACIS): 20 [<http://www.macis-project.net/MACIS-brochure.pdf>, 31.01.2012]

Berry, P.M., T.P. Dawson, P.A. Harrison & R.G. Pearson (2002): Modelling potential impacts of climate change on the bioclimatic envelope of species in Britain and Ireland. *Climate Change and Conservation, Special Issue, Global Ecology and Biogeography* 11 (6): 453–462 [<http://eprints.soton.ac.uk/49227/>, 25.11.2010]

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2007): Die Lage der biologischen Vielfalt – 2. Globaler Ausblick. Deutsche Fassung von „Global Biodiversity Outlook 2“, Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 44, Bonn – Bad Godesberg: 102 [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/global_biodiversity_outlook2.pdf, 29.11.2010]

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2009): Klimawandel, Landnutzung und Biodiversität – Chancen erkennen, Synergien nutzen. Empfehlungen des BfN für die nächste Legislaturperiode Bonn, 14. Oktober 2009: 5

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2010a): Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland VI. Ergebnisse und Dokumentation des 6. Workshops an der Internationalen Naturschutzakademie des Bundesamtes für Naturschutz, Insel Vilm, 30.08. – 2.09.2009. Redaktion: H. Korn, R. Schliep & J. Stadler: 75 [<http://www.etracker.de/lnkcnt.php?et=kd9Tsg&url=http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript263.pdf>, 29.11.2010]

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2010b): Naturbewusstsein 2009. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Umweltforschungsplan Förderkennzeichen 3508821200, ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung, Hannover: 68

Birkmann, J. & M. Fleischhauer (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: „Climate Proofing“ – Konturen eines neuen Instruments. In: *Raumforschung und Raumordnung*, Heft 2/2009, 67. Jahrgang: 114–127

Birkmann, J., H. R. Böhm, F. Buchholz, D. Büscher, A. Daschkeit, S. Ebert, M. Fleischhauer, B. Frommer, S. Köhler, W. Kufeld, S. Lenz, G. Overbeck, J. Schanze, S. Schlipf, P. Sommerfeldt, M. Stock, M. Vollmer & O. Walkenhorst (2011): Glossar Klimawandel und Raumentwicklung. E-Paper der ARL, Nr. 10, Hannover: 32

Blum, W.E.H. (2007): *Bodenkunde in Stichworten*. 6. Auflage. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger

BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009): Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2009–2012 und Sonderrahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“: Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels. Bonn [<http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/559830/publicationFile/27741/Rahmenplan2009–2012.pdf>, 01.04.2010]

BMI – Bundesministerium des Innern (Hrsg.) (2005): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept. Empfehlungen für Unternehmen. Berlin
[http://www.bbk.bund.de/cln_012/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Publikationen_20Kritis/Basisschutzkonzept__Kritis,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Basisschutzkonzept__Kritis.pdf, 06.10.2010]

BMI – Bundesministerium des Innern (Hrsg.) (2007): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin
[http://www.bbk.bund.de/cln_012/nn_398734/SharedDocs/Publikationen/Publikationen_20Kritis/Leitfaden__Schutz-Kritis,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Leitfaden__Schutz-Kritis.pdf, 06.10.2010]

BMI – Bundesministerium des Innern (Hrsg.) (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Berlin
[<http://www.bmi.bund.de/cae/servlet/contentblob/598730/publicationFile/34416/kritis.pdf>, 06.10.2010]

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2006a): Integriertes Küstenzonenmanagement in Deutschland – Nationale Strategie für ein integriertes Küstenzonenmanagement. Kabinettsbeschluss vom 22.03.2006. Bonn [<http://www.ikzm-strategie.de/dokumente/Endbericht%20Kabinettsversion%2030032006.pdf>, 05.03.2010]

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2006b): Umweltbewusstsein in Deutschland 2006. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2008): Umweltbewusstsein in Deutschland 2008. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2008): Hochwasserschutzfibel. Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten [http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1060054/Hochwasserschutzfibel-Stand-2008.pdf, 02.04.2010]

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010a): Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung: Ergebnisse der Vorstudie zu den Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“. Schriftenreihe Forschungen, Heft 44. Berlin

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010b): Regionale Klimamodellierung für Anpassungsstrategien. BMVBS-Online-Publikation Nr. 07/2010 [http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=regionale%20klimamodellierung%20f%C3%BCr%20anpassungsstrategien.%20bmvbs-online-publikation%2007%2F2010%20&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bbsr.bund.de%2Fnn_21272%2FBBSR%2FDE%2FVeroeffentlichungen%2FBMVBS%2FOnline%2F2010%2FDL__ON072010%2CtemplateId%3Draw%2Cproperty%3DpublicationFile.pdf%2FDL_ON072010.pdf&ei=atnxTpyMHGVswa_konsDw&usq=AFQjCNEBLTo6urbakuyrLFWyBBO84sKN-A&cad=rja, 21.12.2011]

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2007): Investitionsrahmenplan bis 2010 für die Verkehrsinfrastruktur des Bundes, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009): Nationales Hafekonzept für die See- und Binnenhäfen, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin

BMVBS & BBR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2008a): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel – Vorstudie für Modellvorhaben. Zusammenfassung des Zwischenberichts zu den räumlichen Wirkfolgen von Klimaänderungen und ihrer raumordnerischen Relevanz. BBR-Online-Publikation, Nr. 19/2008

[http://www.bbr.bund.de/cln_015/nn_21918/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2008/ON192008.html, 11.01.2010]

BMVBS & BBR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2008b): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. Dokumentation der Fachtagung am 30. Oktober 2007 im Umweltforum Berlin. BBR-Online-Publikation Nr. 11/2008

BMVBS & BBR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2008c): Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis in Deutschland. BBR-Online-Publikation, Nr. 10/2008

[http://www.bbr.bund.de/nn_187722/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2008/ON102008.html, 22.03.2010]

BMVBS & BBSR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2009a): Entwurf eines regionalen Handlungs- und Aktionsrahmens Klimaanpassung („Blaupause“). Ein Zwischenergebnis der Vorstudie für Modellvorhaben zu Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. BBSR-Online-Publikation, Nr. 17/2009

[http://www.bbsr.bund.de/nn_23582/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/ON172009.html, 11.01.2010]

BMVBS & BBSR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2009b): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung – Rolle der bestehenden städtebaulichen Leitbilder und Instrumente. BBSR-Online-Publikation, Nr. 24/2009

[http://www.bbr.bund.de/nn_23582/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/ON242009.html, 12.01.2010]

BMVBS & BBSR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2009c): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung – „Climate-Proof-Planning“. BBSR-Online-Publikation, Nr. 26/2009

[http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_23582/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/ON262009.html, 17.02.2010]

BMVBS & BBSR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2009d): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung: Wirkfolgen des Klimawandels, BBSR-Online-Publikation Nr. 23/2009: 50

[http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_23582/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/DL_ON232009,templated=raw,property=publicationFile.pdf/DL_ON232009.pdf, 25.10.2010]

Böhm, J. (2008): Potentielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Eigenschaften und Entwicklung der Böden Schleswig-Holsteins. Eine Abschätzung anhand von Prognosen des regionalen Klimamodells WETTREG. Diplomarbeit an der Leibniz Universität Hannover. Hannover

[http://www.schleswig-holstein.de/cae/servlet/contentblob/882900/publicationFile/Diplomarbeit_JohannaBoehm.pdf, 18.08.2010]

BÖLW – Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (2010): Zahlen, Daten, Fakten: Die Bio-Branche 2010. Berlin

Bormann, H., F. Ahlhorn, L. Giani & T. Klenke (2009): Climate Proof Areas – Konzeption von an den Klimawandel angepassten Wassermanagementstrategien im norddeutschen Küstenraum. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft, 2. Jahrgang, Heft 7/2009: 363–369

Bracyk, H.-J. & M. Heidenreich (1998): Regional governance structures in a globalized world. In: Bracyk, H.-J.; Cooke, P.; Heidenreich, M. (Hrsg.), Regional innovation systems. The role of governances in a globalized world. London: 414–440

Brakensiek, M. (2001): Die Nord-Ost-Passage. Eine zukünftige Alternative für den Frachtschiffverkehr auf dem Weg nach Asien?, Fachhochschule Oldenburg Ostfriesland Wilhelmshaven, Fachbereich Seefahrt, Diplomarbeit

Brasseur, G. & P. von Flotow (Hrsg.) (2010): Klimafolgenforschung zur Beurteilung der Auswirkungen von konvektiven Extremwetterereignissen auf die Schadenlast in Deutschland. Bericht auf der Grundlage eines Workshops am 14. und 15. Januar 2010 veranstaltet durch das Climate Service Center (CSC) in Kooperation mit dem Sustainable Business Institute (SBI) e.V.: 47

Brencher, J., A. Elsner, H. Spekker, A. Matheja & C. Zimmermann (2007): Risikoanalyse und -steuerung. Schlussbericht des Teilprojekts 1 des Verbundprojekts „Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft“ (INNIG). BMBF-Förderprogramm „Risikomanagement extremer Hochwasser“ (RIMAX). [http://www.innig.uni-bremen.de/endbericht_tp1.pdf, 08.03.2010]

Brooks, N. (2003): Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Center for Climate Change Research. Working Paper 38: 16

BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2009): Naturschutz in Zeiten des Klimawandels. BUND-Positionen 50: 28

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt.pdf, 18.01.2010]

Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf]

CBD – Convention on Biological Diversity (2003): Review of the Interlinkages between Biological Diversity and Climate Change, and Advice on the Integration of Biodiversity Considerations into the Implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto Protocol. Dokument: UNEP/CBD/SBSTTA/9/11, Montreal, CBD-Sekretariat. [<http://www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-09/official/sbstta-09-11-en.pdf>, 30.06.2008]

CBD – Convention on Biological Diversity (2009): Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. Technical Series No. 41, Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD), Montreal, Canada: 126

Cochrane, K, C. De Young, D. Soto, & T. Bahri (eds.) (2009): Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 530 Rome, FAO. 2009: 212

Colls, A., N. Ash & N. Ikkala (2009): Ecosystem-Based Adaptation: A Natural Response to Climate Change. International Union for the Conservation of Nature (IUCN), Gland, Switzerland: 16

ComCoast – Combined Functions in Coastal Defence Zones (2007): The Future of Flood Risk Management. A guide to Multifunctional Coastal Defence Zones. Interreg IIIB-Projekt, gefördert von der Europäischen Union: 43 [<http://www.comcoast.org/index.htm>, 08.12.2010]

- Corr, B. (2010): deNIS II^{plus} – Nutzungspotenziale für Anwender. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe & Deutscher Städtetag (Hrsg.) (2010): Drei Ebenen, ein Ziel: Bevölkerungsschutz – gemeinsame Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen. Bonn, Köln: 30–35
[http://www.bbk.bund.de/cln_028/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Broschueren__Flyer/DreiEbenen-einZiel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DreiEbenen-einZiel.pdf]
- CPSL (2001): Coastal Protection and Sea Level Rise – Final Report. Wadden Sea Ecosystem No. 13. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Working Group on Coastal Protection and Sea Level Rise (CPSL), Wilhelmshaven [<http://www.waddensea-secretariat.org/news/documents/cpsl/CPSL-Report.pdf>, 11.03.2010]
- CPSL (2005): Coastal Protection and Sea Level Rise – Solutions for sustainable coastal protection in the Wadden Sea region. Wadden Sea Ecosystem No. 21. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Working Group on Coastal Protection and Sea Level Rise (CPSL), Wilhelmshaven [<http://www.waddensea-secretariat.org/news/documents/cpsl2/CPSL-II-2005.pdf>, 11.03.2010]
- CPSL (2010): CPSL Third Report. The role of spatial planning and sediment in coastal risk management. Wadden Sea Ecosystem No. 28. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Working Group on Coastal Protection and Sea Level Rise (CPSL), Wilhelmshaven
[<http://www.waddensea-secretariat.org/management/cpsl/CPSL%20third%20report.pdf>, 11.03.2010]
- Daschkeit, A. & A.L. Renken (2009): Klimaänderung und Klimafolgen in Hamburg – Fachlicher Orientierungsrahmen. Studie des Umweltbundesamtes im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg. Dessau
[<http://klima.hamburg.de/contentblob/2317474/data/orientierungsrahmen.pdf>, 27.07.2010]
- Deutschländer, T., F. Imbery, S. Plagemann, J. Namyslo, B. Früh & P. Becker (2009): Zum Umgang mit Klimaprojektionen in der Klima- und Klimafolgenforschung. Deutscher Wetterdienst, Klima und Umwelt: 5
- DHI-WASY (2010): Modellierung der klimawandelbedingten Veränderung der Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet der Weser. Untersuchung der DHI-WASY GmbH im Auftrag von BioConsult Schuchardt & Scholle GbR, (unveröffentlicht)
- DKKV – Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e. V. (Hrsg.) (2009): Herausforderung Klimawandel: Auswirkungen auf das Deutsche Rote Kreuz, national und international. Bonn
- Dunkelberg, E., A. Stegnitz & B. Hirschl (2009): Dialoge zur Klimaanpassung Energiewirtschaft. Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels – Energiewirtschaft. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
[http://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Projekte/2009/SH_EW_Arbeitspapier.pdf, 22.03.2010]
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2009): FeWIS – Das Katastrophenschutz-Portal des DWD. Informationsbroschüre
- DWIF – Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr (1999): Küstentourismus und Klimawandel. Entwicklung des Tourismus im deutschen Küstengebiet unter besonderer Berücksichtigung der Wahrnehmung und Bewertung von Klimafolgen durch relevante Entscheidungsträger. Arbeitsteil Entwicklungspfade des Tourismus. Abschlußbericht, Berlin
- EEA – European Environment Agency (2004): Impacts of Europe's changing climate. Report No. 2/2004: 107 [http://www.eea.europa.eu/publications/climate_report_2_2004, 12.01.2011]

- EEA – European Environment Agency (2008): Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator based assessment. EEA Report No 4/2008, Joint EEA-JRC-WHO report: 247 [http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4, 29.09.2008]
- EEA – European Environment Agency (2009): Progress towards the European 2010 biodiversity target. EEA Report No 4/2009: 56
- Efken, J., G. Haxsen & J. Pelikan (2009): Der Markt für Fleisch und Fleischprodukte. Agrarwirtschaft, 58 (1): 53–65
- Elsner, W., C. Otte & I. Yu (2005): Klimawandel und regionale Wirtschaft. Vermögensschäden und Einkommensverluste durch extreme Klimaereignisse sowie Kosten-Nutzen-Analysen von Schutzmaßnahmen – Am Beispiel der nordwestdeutschen Küstenregion. Projektendbericht des Teilprojekts 5 im Verbundvorhaben „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“ [http://www.krim.uni-bremen.de, 01.03.2010]
- Essink, K., C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Lüerßen, H. Marencic & W. Wiersinga (2005): Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven [http://www.waddensea-secretariat.org/QSR/index.html, 01.04.2010]
- Europäische Kommission (2008): Einstellungen der europäischen Bürger zum Klimawandel. Spezial Eurobarometer 300 – TNS opinion & social. Brüssel, Europäische Kommission
- Europäische Kommission (2009): Europeans' attitudes towards climate change. Special Eurobarometer 322 – TNS Opinion & Social. Brussels, European Commission
- EU-Wasserdirektoren (2005): Gemeinsame Umsetzungsstrategie der EU zur Wasserrahmenrichtlinie – Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie. Zusammenfassung und Hintergrundpapier [http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/WRRL_Umweltziele.pdf, 23.07.2010]
- Fichter, K. & R. Hintemann (2010): Leitfaden Innovationspotenzialanalyse. 5. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 46 [http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=190&unid=6151be89c33370ab218e14b6e783d0d9, 27.10.2011]
- Fichter, K., A. von Gleich, R. Pfriem & B. Siebenhüner (Hrsg.) (2010): Theoretische Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsstrategien. nordwest2050, Berichte Heft 1, Bremen / Oldenburg: Projektkonsortium ‚nordwest2050‘: 231 [http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=193&unid=0c2ca6414f311f002a533be5b4ec280c, 21.12.2010]
- Fischer, E.M. & C. Schär (2010): Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. Nature Geoscience 3: 398–403
- Foelsche, U. (2004): Regionale Entwicklung und Auswirkungen extremer Wetterereignisse am Beispiel Österreich. In: K. Steininger, C. Steinreiber & C. Ritz (Hrsg.): Extreme Wetterereignisse – Auswirkungen und Auswege für betroffene österreichische Wirtschaftssektoren. Springer, Berlin-Heidelberg, 25–39
- Franck, E. & O. Peithmann (2010): Regionalplanung und Klimaanpassung in Niedersachsen. IMPLAN-Papier, E-Paper der ARL Nr. 9, Hannover, 43 [http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/e-paper_der_arl_nr9.pdf, 13.07.2011]

Franke, D. (2010): Selbstschutz und Selbsthilfe. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe & Deutscher Städtetag (Hrsg.) (2010): Drei Ebenen, ein Ziel: Bevölkerungsschutz – gemeinsame Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen. Bonn, Köln: 36–39
[http://www.bbk.bund.de/cln_028/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Broschueren__Flyer/DreiEbenen-einZiel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DreiEbenen-einZiel.pdf]

Freie Hansestadt Bremen (Hrsg.) (2009): Klimaschutz und Energieprogramm 2020. Zugleich Vierte Fortschreibung des Landesenergieprogramms gemäß § 13 des Bremischen Energiegesetzes. Bremen, 15. Dezember 2009

Fricke, W. & U. Kaminski (2002): Ist die Zunahme von Starkniederschlägen auf veränderte Wetterlagen zurückzuführen? GAW Brief des Deutschen Wetterdienstes, 12: 2

Fritzen, B. (2010): Die Struktur des Bevölkerungsschutzes in der Bundesrepublik Deutschland. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe & Deutscher Städtetag (Hrsg.) (2010): Drei Ebenen, ein Ziel: Bevölkerungsschutz – gemeinsame Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen. Bonn, Köln: 10–15
[http://www.bbk.bund.de/cln_028/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Broschueren__Flyer/DreiEbenen-einZiel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DreiEbenen-einZiel.pdf]

Fürst, D. (2001): Stadt und Region – Schwierigkeiten, die regionale Selbststeuerung nachhaltig zu machen. In: Deutsche Zeitschrift für Kommunalwissenschaften, Nr. 2/2001: 84–96

Gabriel, J. & S. Meyer (2010): Eine vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse für ausgewählte Wertschöpfungsketten im Cluster Energiewirtschaft. Abschlussbericht für das Forschungsprojekt ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘, Bremer Energie Institut (BEI), Bremen: 308

Garrelts, H., T. Grothmann, K. Grecksch, M. Wings, B. Siebenhüner & M. Flitner (2011): Vulnerabilität und Klimaanpassung: Herausforderungen adaptiver Governance im Nordwesten Deutschlands. Bericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘, Bremen/Oldenburg (im Erscheinen)

Gebauer, J., S. Wurbs & M. Welp (2010a): Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels – Bevölkerungsschutz. Erstellt im Rahmen der „Dialoge zur Klimaanpassung“ des Umweltbundesamtes
[http://www.anpassung.net/cln_117/nn_701074/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Dialoge_20zur_20Klimaanpassung/1004_20Bev_C3_B6lkerungsschutz/Arbeitspapier,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Arbeitspapier.pdf,24.09.2010]

Gebauer, J., S. Wurbs, M. Welp & W. Lotz (2010b): Ergebnisse des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels – Bevölkerungsschutz. Erstellt im Rahmen der „Dialoge zur Klimaanpassung“ des Umweltbundesamtes
[http://www.anpassung.net/cln_117/nn_701074/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Dialoge_20zur_20Klimaanpassung/1004_20Bev_C3_B6lkerungsschutz/Ergebnisspapier,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Ergebnisspapier.pdf,24.09.2010]

GfK – Gesellschaft für Konsumforschung (2007): Klimawandel belebt Binnennachfrage. Ergebnisse der GfK-Studie „Einfluss des Klimawandels auf den Konsum“. Nürnberg

Girgert, W., J.-A. Krüger & N. Schaaf (2008): Arten im Klimawandel. Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V.: 45

Gizzas, H. (2004): Sturmflutschutz: Herausforderungen und Sicherheitskonzepte. In: HANSA International Maritime Journal, 141. Jahrgang, Heft Februar/2004: 47–52

- Gleich, A. von, S. Gößling-Reisemann, S. Stührmann & P. Woizescke (2010): Resilienz als Leitkonzept – Vulnerabilität als analytische Kategorie. In: Fichter, K.; Gleich, A. von; Pfriem, R.; Siebenhüner, B. (Hrsg.): Theoretische Grundlagen für Klimaanpassungsstrategien. Bremen/ Oldenburg: 23–49
- Gómez Martín, M.B. (2004): An evaluation of the tourist potential of the climate in Catalonia (Spain): A regional study. *Geogr. Ann.* 86 A (3): 249–264
- Grabemann, H.-J., I. Grabemann & A. Müller (2005): Die Auswirkungen eines Klimawandels auf Hydrografie und Gewässergüte der Unterweser. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2005): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. *Umweltnatur- & Umweltsocialwissenschaften*, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag: 59–77
- Grecksch, K. & Siebenhüner, B. (2010): Governance: Gesellschaftliche Steuerungsmöglichkeiten. In: K. Fichter et al. (Hg.): Theoretische Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsstrategien. Bremen/Oldenburg: 106–124
- Greiving, S. & M. Fleischhauer (2008): Raumplanung: in Zeiten des Klimawandels wichtiger denn je! In: *RaumPlanung*, Heft 137, 04/2008: 61–66
- Greiving, S. (2007): Raumrelevante Risiken – materielle und institutionelle Herausforderungen für räumliche Planung in Europa. In: G. Tetzlaff, H. Karl, & G. Overbeck (Hrsg.) (2007): Wandel von Vulnerabilität und Klima. Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden? Schriftenreihe des DKKV 35. Bonn: 78–92
- Greiving, S. (2008): Hochwasserrisikomanagement zwischen konditional und final programmierter Steuerung. In: H. D. Jarass (Hrsg.): Wechselwirkungen zwischen Raumplanung und Wasserwirtschaft. Beiträge zum Raumplanungsrecht 237. Berlin: Lexikon-Verlag: 124–145
- Grieser, J. & C. Beck (2002): Extremniederschläge in Deutschland Zufall oder Zeichen? Klimastatusbericht 2002, DWD: 141–150
- Grossmann, I., K. Woth & H. von Storch (2007): Localization of global climate change: Storm surge scenarios for Hamburg in 2030 and 2085. *Die Küste* 71: 169–182
- Grothmann, T. & A. Patt (2005): Adaptive Capacity and Human Cognition: The Process of Individual Adaptation to Climate Change. *Global Environmental Change*, 15 (3): 199–213
- Grothmann, T. (2005): Klimawandel, Wetterextreme und private Schadensprävention – Entwicklung, Überprüfung und praktische Anwendbarkeit der Theorie privater proaktiver Wetterextremvorsorge (Dissertation). Magdeburg: Universitätsbibliothek Magdeburg. [<http://diglib.uni-magdeburg.de/Dissertationen/2005/torgrothmann.pdf>, 28.04.2011]
- Grothmann, T., A. Daschkeit, C. Felgentreff, C. Görg, B. Horstmann, I. Scholz & V. Tekken (2011): Anpassung an den Klimawandel – Potenziale sozialwissenschaftlicher Forschung in Deutschland. *GAIA* 20/2: 84–90
- Grothmann, T., D. Krömker, A. Homburg & B. Siebenhüner (Hrsg.) (2009): KyotoPlus-Navigator. Praxisleitfaden zur Förderung von Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel - Erfolgsfaktoren, Instrumente, Strategie. Downloadfassung April 2009 [http://www.erklm.uni-oldenburg.de/download/KyotoPlusNavigator_Downloadfassung_April2009_090419.pdf, 25.02.2010]
- Grunenberg, H. & U. Kuckartz (2003): Umweltbewusstsein im Wandel. Ergebnisse der Umweltbundesamt-Studie zum Umweltbewusstsein in Deutschland 2002. Opladen: Leske & Budrich: 260

- Gullotta, G. & E. Schulz (2010): Risiko- und Krisenkommunikation, oder: Ehrlich währt am längsten. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe & Deutscher Städtetag (Hrsg.) (2010): Drei Ebenen, ein Ziel: Bevölkerungsschutz – gemeinsame Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen. Bonn, Köln: 52–60
[http://www.bbk.bund.de/cln_028/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Broschueren__Flyer/DreiEbenen-einZiel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DreiEbenen-einZiel.pdf]
- Gupta, J., Termeer, C., Klostermann, J., Meijerink, S., van den Brink, M., Jong, P., Nootboom, S. & Bergsma, E. (2010): The Adaptive Capacity Wheel: a method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society. In: Environmental Science & Policy, Vol. 13, No. 6: 459–471
- Haas, W., U. Weisz, I. Pallua, H.-P. Hutter, F. Essl, H. Knoflacher, H. Formayer, T. Gerersdorfer & M. Balas (2010): Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich. Aktivitätsfelder: Gesundheit, Natürliche Ökosysteme/Biodiversität und Verkehrsinfrastruktur. AustroClim, im Auftrag des Klima- und Energiefonds und in Vorbereitung eines Policy Papers des Lebensministeriums, Dezember 2010: 155 [<http://www.austroclim.at/index.php?id=97>, 19.07.2011]
- Haas, W., U. Weisz, M. Balas, S. McCallum, W. Lexer, K. Pazdernik, A. Prutsch, K. Radunsky, H. Formayer, H. Kromp-Kolb & I. Schwarzl (2008): Identifikation von Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich: 1. Phase. Bericht im Auftrag des Lebensministeriums, für AustroClim: 249 [<http://www.austroclim.at>, 22.07.2009]
- Handelskammer Bremen (2008): Maritime Logistik und Industrie. Kernkompetenzen ausbauen, in: Perspektive Bremen 2020. Leitlinien für eine positive wirtschaftliche Entwicklung Bremens, Bremen: 14–27
- Handke, K. (2008): Beispiele zur Entwicklung der Fauna im Bremer Raum im Zuge des Klimawandels. Präsentation auf BUND-Workshop in Bremen „Einfluss des Klimawandels auf die Biodiversität im Bremer Raum“, 22. August 2008
- Hannah, L., G.F. Midgley & D. Millar (2002): Climate change-intergrated conservation strategies. Global Ecology and Biogeography(11): 485–495
- Hanse-Wissenschaftskolleg (2010): Hanse-Thesen – Eckpunkte einer Klimaanpassungsstrategie für das Land Niedersachsen. Ergebnis der Klausurtagung zu Klimawandel und Klimaanpassungsstrategien für Niedersachsen vom 30. April bis 2. Mai 2010 im Hanse-Wissenschaftskolleg
- Hare, W. (2003): Assessment of Knowledge on Impacts of Climate Change – Contribution to the Specification of Art. 2 of the UNFCCC: Impacts on Ecosystems, Food Production, Water and Socio-economic System. Externe Expertise zum WBGU-Sondergutachten „Über Kioto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert“. Berlin, WBGU: 104.
[http://www.wbgu.de/wbgu_sn2003_ex01.pdf, 30.06.2008]
- Harrington, R., I. Woiwod & T. Sparks (1999): Climate change and trophic interactions. Tree, Vol. 14, No. 4: 146–150
- Hartje, V., A. Klaphake & R. Schliep (2003): The international debate on the ecosystem approach. BfN-Skripten 80: 50
- Heiland, S., B. Geiger, K. Rittel, C. Steinl & S. Wieland (2008): Der Klimawandel als Herausforderung für die Landschaftsplanung. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 40(2): 37–41
- Heinrichs, H. & H. Grunenberg (2007): Risikokultur – Kommunikation und Repräsentation von Risiken am Beispiel extremer Hochwasserereignisse. Schlussbericht des Teilprojekts 2 des Verbundprojekts „Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft“ (INNIG). BMBF-Förderprogramm „Risikomanagement extremer Hochwasser“ (RIMAX).
[http://www.innig.uni-bremen.de/endbericht_tp2.pdf, 08.03.2010]

- Helmich, J. (2010): Thermo-chemische Vergasung landwirtschaftlicher Biomassen. Potenzialanalyse und Beitrag zu einer resilienten Energieversorgung in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. Diplomarbeit. Betreut von Stefan Gößling-Reisemann. Bremen. Universität Bremen, Fachbereich Produktionstechnik
- Hennegriff, W. (2006): Handlungsempfehlungen bei der Festlegung des Bemessungshochwassers in Baden-Württemberg. In: KLIWA – Klimaänderung und Wasserwirtschaft (2006): 3. KLIWA-Symposium am 25. und 26.10.2006 in Stuttgart. Fachvorträge: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft. KLIWA-Berichte, Heft 10: 91–104
- Hennegriff, W., V. Kolokotronis, H. Weber & H. Bartels (2006): Klimawandel und Hochwasser – Erkenntnisse und Anpassungsstrategien beim Hochwasserschutz. In: KA – Abwasser, Abfall, Nr. 53/8: 770–779
- Hilborn, R. (2003) Marine reserves: the best options for our oceans? *Frontiers in Ecology and the Environment* 1 (9)
- Hirschfeld, J., E. Hoffmann & M. Welp (2009): Ergebnis des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels – Küstenschutz. Auswertung des Stakeholderdialogs Küstenschutz im Rahmen der Dialoge zur Klimaanpassung des Umweltbundesamtes [[http://www.anpassung.net/cln_110/nn_701074/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Dialoge_20zur_20Klimaanpassung/0905-K_C3_BCstenschutz/Auswertung,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Auswertung.pdf, 15.03.2010](http://www.anpassung.net/cln_110/nn_701074/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Dialoge_20zur_20Klimaanpassung/0905-K_C3_BCstenschutz/Auswertung,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Auswertung.pdf,15.03.2010)]
- Hoffmann, B., M. Meckelburg & M. Meinken (2005): Folgen einer Klimaänderung für den Grund- und Bodenwasserhaushalt der Unterwesermarsch. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2005): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. *Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften*, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag: 103–137
- Hofstede, J. (1996): Systemanalyse der Salzwiesen im Wattenmeer von Schleswig-Holstein. In: Sterr, H. & C. Preu (Hrsg.): Beiträge zur aktuellen Küstenforschung, Aspekte – Methoden – Perspektiven. *Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaften*, Band 18: 53–64
- Hölscher, J. (2008): Klimawandel und wasserwirtschaftliche Folgenabschätzungen für das niedersächsische Binnenland – Untersuchungskonzepte. Vortrag im Rahmen des Niedersächsischen Gewässerforums vom 02.–04. September in Hildesheim
- Holsten, A. (2007): Ökologische Vulnerabilität von Schutzgebieten gegenüber Klimawandel – exemplarisch untersucht für Brandenburg. Institut für Geowissenschaften, Tübingen, Universität Tübingen: 135
- Huber, A. (2007): Küstenschutz und Klimawandel an der deutschen Nordseeküste in der Wahrnehmung von Touristen unter besonderer Berücksichtigung einer durchgeführten Befragung im Nordseebad Dorum-Neufeld. Diplomarbeit, Universität Bremen: 105
- Hughes, L. (2000): Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *TREE* 15 (2): 56–61
- Hupfer, P. & M. Börngen (2004): Gibt es Klimakatastrophen? – Naturwissenschaftliche Rundschau 57 (5): 233–240
- Huyen, M., P. Martens, D. Schram, M.P. Weijenberg & A.E. Kunst (2001): The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives*, 109 (5): 463–470

Ibisch, P.L. & S. Kreft (2008): Klimawandel gleich Naturschutzwandel? Dokumentation der NABU-Tagung „Klimawandel und Biodiversität“ am 8. und 9. April 2008, Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V., Bundesverband Berlin: 36–58

IFOK – Institut für Organisationskommunikation (2005): Ergebnisse des Fachgesprächs „Veränderung des Klimas – Herausforderungen eines nachhaltigen und vorbeugenden Hochwasserschutzes“ am 22. November 2004 im Umweltbundesamt, Berlin

IFOK – Institut für Organisationskommunikation (2009): Schwimmende Häuser und Moskitonetze: Weltweite Strategien zur Anpassung an den Klimawandel. Nationale Strategien und Projektbeispiele. Studie der IFOK GmbH, Bensheim: 134

ift Freizeit- und Tourismusberatung GmbH (2010): Analyse der touristischen Wertschöpfung in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten. Touristische Nachfrage – Umsätze – Wertschöpfung und Beschäftigung. Bearbeitung durch C. Schrahe & J. Baltin: 81
[http://www.metropolregion-bremen-oldenburg.de/medien/dokumente/analyse_touristische_wertschoepfung_2011.pdf, 27.07.2011]

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001): Klimaänderung 2001 – Synthesebericht zum Dritten Sachstandsbericht (TAR): 131 [<http://www.ipcc.ch>, 29.12.2009]

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2002): Klimaänderung 2001: Synthesebericht. Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen, herausgegeben von der deutschen IPCC Koordinierungsstelle des BMBF und des BMU: 133

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007 – Auswirkungen, Anpassung, Verwundbarkeiten. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, C.E. Hanson and P.J. van der Linden (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK: 22 [<http://www.de-ipcc.de/>, 03.09.2007]

ISL – Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik & BAW – Institut für regionale Wirtschaftsforschung GmbH (2010): Europa-Hub für Deutschland: Die gesamtwirtschaftliche Rolle der Logistikregion Nordwestdeutschland. Bremen: 244 [http://www.metropolregion-bremen-oldenburg.de/medien/dokumente/logistikstudie_europahub_endbericht.pdf, 27.07.2011]

ISL – Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (2010a): Entwicklungsperspektiven des Clusters Logistik in der Metropolregion Bremen-Oldenburg, Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, 1. Zwischenbericht im Rahmen des Projektes nordwest2050

ISL – Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (2010b): Prozessbegleitung im Cluster Logistik in der Metropolregion Bremen-Oldenburg, Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, 2. Zwischenbericht im Rahmen des Projektes ‚nordwest2050‘

IUCN – International Union for Conservation of Nature (2010): Building Resilience to Climate Change. Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. Edited by Ángela Andrade Pérez, Bernal Herrera Fernández and Roberto Cazzolla Gatti, Ecosystem Management Series No. 9: 85

Jacob, D. & W. Mauser (2010): Identifikation und Möglichkeiten der Verringerung von Unsicherheiten. In: P.-T. Stoll, W. Mauser, M. Schulz & B. Höll (Hrsg.): Regionale Klimamodelle – Potenziale, Grenzen und Perspektiven. Sonderausgabe des NKGCF – Nationales Komitee für Global Change Forschung, März 2010: 30
[http://www.nkgcf.org/files/aktuelledownloads/Regionale_Klimamodelle_low.pdf, 11.08.2011]

Jacob, D. (1998): Intensivierung des Wasserkreislaufs? In: J. L. Lozán, H. Graßl & P. Hupfer (Hrsg.): Warnsignale Klima. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg: 177–178

- Jacob, D.J. & D.A. Winner (2009): Effect of climate change on air quality. *Atmos. Environ.* 43: 51–63
- Jacob, D., H. Göttel, S. Kotlarski, P. Lorenz & K. Sieck (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben 204 41 138, Climate Change 11/08, Umweltbundesamt: 159
- Jänicke, M., P. Kunig, & M. Stitzel (1999): *Umweltpolitik*. Bonn: Dietz
- Jonas, M., T. Staeger & C.-D. Schönwiese (2005): Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen – Schwerpunkt Deutschland. Bericht zum UBA-Forschungsvorhaben 20141254, Bericht Nr. 1, Inst. Atmosphäre Umwelt, Universität Frankfurt/Main, 250
- Jope, K.L. & J.C. Dunstan (1996): Ecosystem-based management: natural processes and systems theory. In: Wright, R.G. (Ed.): *National parks and protected areas. Their role in environmental protection*. Cambridge: 45–62
- Kamp, T., K. Choudhury, R. Ruser, U. Hera & T. Rötzer (2008): Auswirkungen von Klimaänderungen auf Böden – Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen. In: Umweltbundesamt (Hrsg.) (2008): UBA-Workshop „Böden im Klimawandel – Was tun?!“ am 22./23. Januar 2008. Texte 25/08. Dessau-Roßlau: 17–26 [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3495.pdf>, 23.07.2010]
- Kämpf, M., H. Mikat, G. Berthold & U. Roth (2008): Auswirkungen des Klimawandels auf eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung. In: *energie wasserpraxis*, 1/2008: 49–53
- Kanter, J. (2007): Climate change puts nuclear energy into hot water. *New York Times*, Meldung vom 20.05.2007. [<http://www.nytimes.com/2007/05/20/health/20iht-nuke.1.5788480.html>, 23.04.2010]
- Karlstetter, N. & R. Pfriem (2010): Bestandsaufnahme: „Kriterien zur Regulierung von Flächennutzungskonflikten zur Sicherung der Ernährungsversorgung“. Oldenburg, Carl von Ossietzky Universität
- Karlstetter, N. (2010): Entwicklung einer Strategie zur klimaangepassten Regulierung von Flächennutzungskonflikten im Projekt nordwest2050 – Ein Querschnittsproblem. In: H. Korn, R. Schliep & J. Stadler (Red.): *Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland VII. Ergebnisse und Dokumentation des 7. Workshops an der Internationalen Naturschutzakademie des Bundesamtes für Naturschutz, Insel Vilm, 29.08.–01.09.2010, BfN-Skripten 282: 52–54*
- Kilian, J. (2009): Folgen des Klimawandels für die Siedlungswasserwirtschaft – Ein Bericht aus der Praxis. Vortrag im Rahmen des 5. Öffentlichen Regionalforums KLARA-Net am 25. Juni 2009 zum Thema „Welche Bedeutung hat der Klimawandel für das regionale Handwerk und Baugewerbe?“ [<http://www.klara-net.de/dateien/upload/termine/Kilian.pdf>, 25.07.2010]
- Klenke, T., F. Ahlhorn & A. Jeschke (2006): Multifunktionale Küstenschutzräume als Dimension eines integrierten Küstenzonenmanagements. In: *Wasser und Abfall*, Heft 9/2006, 8. Jahrgang: 15–19
- KLIWA – Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (2009): Klimawandel im Süden Deutschlands: Ausmaß – Folgen – Strategien. Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft. Kooperationsvorhaben der Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz sowie des Deutschen Wetterdienstes. Broschüre
- Kölling, C., L. Zimmermann & H. Walentowski (2007): Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte? *AFZ-Der Wald*, 11/2007: 584–588

- König, G. & S. Wittig (2005): Die Unterweserregion als Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraum: eine Bestandsaufnahme. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2005): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag: 23–48
- Koppe, C., G. Jendritzky & G. Pfaff (2003): Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. DWD Klimastatusbericht 2003: 152–162
- Koppe, C., R.S. Kovats, G. Jendritzky & B. Menne (2004): Heat Waves: Risks and Responses. Health and Global Environmental Change, World Health Organization
- Korn, H. & C. Epple (2006): Biologische Vielfalt und Klimawandel – Gefahren, Chancen, Handlungsoptionen. BfN-Skripten 148: 27 [http://www.bfn.de/0502_skripten.html, 08.09.2008]
- Kraft, D. (2004): Modellierung klimaabhängiger Nutzungsveränderung. Dissertationsschrift, GCA-Verlag, Herdecke: 158
- Kraft, D., S. Osterkamp & M. Schirmer (2005): Ökologische Folgen eines Klimawandels für die Unterweser und ihre Marsch. In: Schuchardt, B. & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 168–188
- Krapf, H. & D. Wehlau (2009): Klimawandel, Preisentwicklung und Konsum – Konsumenten zwischen steigendem Umweltbewusstsein und sinkenden ökonomischen Handlungsspielräumen. artec-paper Nr. 161. Bremen, artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
- Krätke, S. (2001): Institutionelle Ordnung und soziales Kapital der Wirtschaftsregionen: Zur Bedeutung von Raumbindung im Kontext der Globalisierung, in: Geographische Zeitschrift, Nr. 89(2/3): 145–165
- Kropp, J., A. Holsten, T. Lissner, O. Roithmeier, F. Hattermann, S. Huang, J. Rock, F. Wechsung, A. Lüttger, S. Pompe, I. Kühn, L. Costa, M. Steinhäuser, C. Walther, M. Klaus, S. Ritchie & M. Metzger (2009a): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV): 279 [http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss_pik_0904.pdf, 15.01.2010]
- Kropp J., O. Roithmeier, F. Hattermann, C. Rachimow, A. Lüttger, F. Wechsung, P. Lasch, E. S. Christiansen, C. Reyer, F. Suckow, M. Gutsch, A. Holsten, T. Kartschall, M. Wodinski, Y. Hauf, T. Conradt, H. Österle, C. Walther, T. Lissner, N. Lux, V. Tekken, S. Ritchie, J. Kossak, M. Klaus, L. Costa, T. Vetter & M. Klose (2009b): Klimawandel in Sachsen-Anhalt – Verletzlichkeiten gegenüber den Folgen des Klimawandels. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK)
- Kropp, J. & A. Daschkeit (2008): Anpassung und Planungshandeln im Licht des Klimawandels. In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 6/7.2008: 353–361
- Kuckartz, U., A. Rheingans-Heintze & S. Rädicker (2006): Umweltbewusstsein in Deutschland 2006. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Philipps-Universität Marburg, Institut für Erziehungswissenschaft, Forschungsgruppe Umweltbewusstsein, Berlin: 78
- Kuhnert, M. (2006): Untersuchungen von oberflächennahen Prozessen auf hydrophoben Böden. In: Forum Geoökologie 17 (1): 24–26
- Kunz, H. (2004): Küstenschutz- und Küstenzonenmanagement – eine Dokumentation. Arbeiten aus der Forschungsstelle Küste, Nr. 15, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ)

LABO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2010): LABO-Positionspapier – Klimawandel – Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes. Stand 09.06.2010 [http://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_Positionspapier_Boden_und_Klimawandel_090610_aa8.pdf, 23.07.2010]

Lange, H., H. Garrelts, W. Osthorst & F. Selmi (2009): Distributional effects and change of risk management regimes: explaining different types of adaptation in Germany and Indonesia. In: M. Ruth & M. E. Ibarra (Hrsg.): Distributional Impacts of Climate Change and Disasters. Concepts and Cases, Cheltenham/Northampton, Elgar: 183–207

Lange, H., A. Wiesner, M. Haarmann & E. Voosen (2007): „Handeln nur auf der Basis sicheren Wissens“. Die Konstruktion des Risikos aus Sturmfluten und Klimawandel im politisch-administrativen System. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom Verlag: 145–166

Laschewski, G. & G. Jendritzky (2002): Effects of the thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany. *Climate Research* 21: 91–103

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (2004): Instrumente und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz. Düsseldorf [http://www.lawa.de/pub/kostenlos/hwnw/InstrumenteHochwasserschutzDruck.pdf, 26.05.2010]

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (2010): Strategiepapier „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft“ – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen, beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden [http://www.lawa.de/documents/LAWA_Strategiepapier_1006_d07.pdf, 24.07.2010]

LBEG – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.) (2010): Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen. Hannover [http://www.lba.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=27000&article_id=89957&psmand=4, 23.07.2010]

Leuschner, C. & F. Schipka (2004): Klimawandel und Naturschutz in Deutschland. Vorstudie, Abschlussbericht F+E-Vorhaben zur Erstellung einer Literaturstudie, FKZ 80383010, im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz, BfN-Skripten 115: 40

Lieberman, N. von (2002): Küstenschutz: Bisherige und zukünftige Maßnahmen. In: J. L. Lozán, E. Rachor, K. Reise, J. Sündermann & H. von Westernhagen (Hrsg.) (2002): Warnsignale aus Nordsee & Wattenmeer – eine aktuelle Umweltbilanz: 360–363

Lindseth, G. (2005): Local Level Adaptation to Climate Change: Discursive Strategies in the Norwegian Context, in: *Journal of Environmental Policy and Planning*, Nr. 7(1): 61–83.

Lohmann, M. & P. Aderhold (2009): Urlaubsreisetrends 2020. Die RA-Trendstudie – Entwicklung der touristischen Nachfrage der Deutschen; Hrsg.: FUR – Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen

Lozán, J.L., H. Graßl, G. Jendritzky, L. Karbe & K. Reise (Hrsg.) (2008): Warnsignal Klima – Gesundheitsrisiken. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg: 383

Mai, S., A. Elsner, V. Meyer & C. Zimmermann (2004): Klimaänderung und Küstenschutz. Endbericht des Teilprojekts 2 im KRIM Verbund „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, BMBF-Förderkennzeichen 01 LD 0014: 236

- Mai, S., A. Elsner, W. Elsner, D. P. Eppel, I. Grabemann, H.-J. Grabemann, D. Kraft, V. Meyer, C. Otte, S. Wittig, I. Yu & C. Zimmermann (2007): Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und die Küstenschutzsysteme: Methoden der erweiterten Risikoanalyse. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom verlag: 75–92
- Maniak, U., A. Weihrauch & G. Riedel (2005): Die wasserwirtschaftliche Situation in der Unterwesermarsch unter der Einwirkung einer Klimaänderung. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2005): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag: 79–102
- Marin, B. & R. Mayntz (Hrsg.) (1991): Policy Networks: Empirical Evidence and Theoretical Considerations, Campus, Frankfurt a.M.
- Martens, T., H. Garrelts, H. Grunenberg & H. Lange (2009): Taking the heterogeneity of citizens into account: Flood risk communication in coastal cities. Case study Bremen. In: Natural Hazards and Earth System Sciences (NHESS), 9: 1931–1940
- Matthes, U., P. Leyboldt, E. Weyand, C. Peppel & C. Winkler (2006): Nachhaltigkeitsaspekte der nationalen Seehafenkonzeption. Schlussbericht, FKU: 905 96 159/02, Basel, Prograns
- Matzarakis, A. & E. Koch (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf das klimatische Tourismuspotential. StartClim2006. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien, Meteorologisches Institut der Universität Freiburg. [http://www.austroclim.at/fileadmin/user_upload/reports/StCI06D2_Anhang.pdf, 26.11.2010]
- Matzarakis, A. & H. Mayer (1996): Another Kind of Environmental Stress: Thermal Stress. Newsletter No. 18: 7–10. WHO – Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control [http://www.urbanclimate.net/matzarakis1/papers/who_heat.pdf, 26.11.2010]
- Matzarakis, A. (2007): Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Integration von Wetter- und Klimabedingungen im Tourismus. Berichte des Meteorologischen Instituts der Universität Freiburg 16: 73–80
- Matzarakis, A., C. Endler & S. Körner (2009): Klimawandel an der Nordsee – Eine tourismusklimatische Quantifizierung. Die Küste 76: 16
- Mayntz, R. & F.W. Scharpf (1995a): Steuerung und Selbstorganisation in staatsnahen Sektoren. In: Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung, Frankfurt, Campus, New York: 9-38
- Mayntz, R. & F.W. Scharpf (1995b): Der Ansatz des akteurzentrierten Institutionalismus, in: Mayntz, Renate; Scharpf, Fritz W. (Hrsg.), Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung, Frankfurt, Campus, New York: 39–72
- MEA – Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being. Synthesis, Island Press, Washington, DC, World Resources Institute: 155 [<http://www.maweb.org/en/Synthesis.aspx>, 26.11.2010]
- Meinke, I. & E.-M. Gerstner (2009): Digitaler Norddeutscher Klimaatlas informiert über möglichen künftigen Klimawandel. DMG Nachrichten 3-2009: 17 [<http://www.norddeutscher-klimaatlas.de>, 05.10.2011]
- Menzel, A. & H. Behrendt (2008): Zunahme des Pollenfluges und die Gefahr von Allergien. In: Lozán et al. (Hrsg.): Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken – Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. GEO Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg: 132–135

Mesterharm, M. (2011): Regionale Vulnerabilitätsanalyse der Ernährungswirtschaft im Kontext des Klimawandels. Eine Wertschöpfungskettenbetrachtung der Milchwirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. 9. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 70
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=238&unid=93bafc25af5ad8512b116fb0d7b0289c, 18.04.2011]

Metzger, M J., D. Schröter, R. Leemans & W. Cramer (2008): A spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of ecosystem service change in Europe. *Reg. Environ. Change*, No. 8: 91–107

Metzing, D. & A. Gerlach (2008): Klimawandel im Nordwesten: Wie reagieren die Pflanzen? Einblicke – Forschungsmagazin der Universität Oldenburg, Nr. 48/Herbst 2008
[<http://schattenblick.net/infopool/natur/botanik/nbofo164.html>, 16.04.2010]

Meyerdirks, J. (2008): Analyse der Klimasensitivität von Gebieten mit besonderer Bedeutung für Natur und Landschaft im Bereich der deutschen Nordseeküste. Ermittlung des naturschutzfachlichen Wertbestandes durch das GIS-gestützte Bewertungssystem INFAB. Dissertation im Fachbereich 2, Biologie & Chemie, Universität Bremen: 208

Michael Otto Stiftung (Hrsg.) (2010): Ein Zukunftsbild für eine sichere Wattenmeerregion. Hamburg
[http://www.michaelottostiftung.de/images/downloads/dialoge/zukunftsbild_wattenmeer.pdf, 05.07.2010]

Mickwitz, P., u. a. (2009): Climate Policy Integration, Coherence and Governance. PEER Report Nr. 2. Helsinki

Milberg, G. (2010): Die Rolle des Katastrophenschutzes in einem modernen Bevölkerungsschutz im Rahmen des Systems der integrierten Gefahrenabwehr. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe & Deutscher Städtetag (Hrsg.) (2010): Drei Ebenen, ein Ziel: Bevölkerungsschutz – gemeinsame Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen. Bonn, Köln: 7–9
[http://www.bbk.bund.de/cln_028/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Broschueren__Flyer/DreiEbenen-einZiel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DreiEbenen-einZiel.pdf]

MKRO – Ministerkonferenz für Raumordnung (2008): Räumliche Konsequenzen des Klimawandels. Eckpunktepapier des Hauptausschusses zum Beschluss der Ministerkonferenz für Raumordnung am 29. April 2008 in Stuttgart

MKRO – Ministerkonferenz für Raumordnung (Hrsg.) (2009): Bericht des Hauptausschusses der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) – „Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels“ [http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1099740/Bericht-zum-Beschluss-Raumordnung-und-Klimawandel.pdf, 11.01.2010]

Möckel, S. & W. Köck (2009): Naturschutzrecht im Zeichen des Klimawandels. *Natur und Recht (NuR)* 31: 318 –325

Möckel, S. (2010): Synergien und Konflikte von Anpassungsstrategien und -maßnahmen. In: C. Epple, H. Korn, K. Kraus & J. Stadler (Bearb.): Biologische Vielfalt und Klimawandel. Tagungsband mit den Beiträgen der 2. BfN-Forschungskonferenz „Biologische Vielfalt und Klimawandel“ vom 2. bis 3. März 2010 in Bonn, BfN-Skripten 274: 37

MPI-M – Max-Planck-Institut für Meteorologie (2006): Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert. Herausgeber: Max-Planck-Institut für Meteorologie, Texte: Erich Roeckner, Guy P. Brasseur, Marco Giorgetta, Daniela Jacob, Johann Jungclaus, Christian Reick, Jana Sillmann: 32
[<http://www.mpimet.mpg.de/fileadmin/grafik/presse/Klimaprojektionen2006.pdf>, 19.06.2010]

MUNLV NRW – Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2010): Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf [http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/handbuch_stadtklima.pdf, 16.08.2010]

Næss, L. O., G. Bang, S. Eriksen & J. Veatne (2005): Institutional adaptation to climate change: Flood responses at the municipal level in Norway. *Global Environmental Change*, Nr. 15(2): 125–138

Nds. MELVL – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (2010): Biogasnutzung in Niedersachsen – Stand und Perspektiven. 4. Auflage, Oktober 2010: 18
[<http://www.google.de/url?sa=t&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.erneuerbare-energien-niedersachsen.de%2Fdownloads%2F2010-stand-und-perspektive-der-biogasnutzung-i.pdf&rct=j&q=Biogasnutzung%20in%20Niedersachsen&ei=onKMTtoONGsb5sgaK2YioAg&usq=A FQjCNEIT5mhiPv65oxQawwwZspwTXem-Q&cad=rja>, 05.09.2011]

Nds. ML – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (Hrsg.) (2008): Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen 2008. Hannover

Nds. ML – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (2010): Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Verordnung über das Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen (LROP) [http://www.entera-online3.de/060_lrop2010/php/frames/index.php, 29.09.2010]

Nds. MU – Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.) (2002): Bodenschutz in Niedersachsen. Hannover [<http://www.umwelt.niedersachsen.de/download/6395>, 23.07.2010]

Nds. MU – Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.) (2007): Auf den Spuren der Böden in Niedersachsen. 2., aktualisierte Auflage, Hannover
[<http://www.umwelt.niedersachsen.de/download/6629>, 23.07.2010]

Nds. MUK – Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (Hrsg.) (2009): Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft – Struktur für eine Anpassungsstrategie. 2. Auflage, Hannover
[<http://www.service.niedersachsen.de/servlets/download?C=50378819&L=20>, 22.01.2010]

Neumann, J. & T. Gudera (2006): Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Grundwasserneubildung in Süddeutschland. In: KLIWA – Klimaänderung und Wasserwirtschaft (2006): 3. KLIWA-Symposium am 25. und 26.10.2006 in Stuttgart. Fachvorträge: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft. KLIWA-Berichte, Heft 10: 163–173

Nibbe, J., A. Meincke & W. Osthorst (2011): Klimawandel als Herausforderung für die Hafenwirtschaft. In: André Karczmarzyk, Reinhard Pfriem (Hrsg.): Klimaanpassungsstrategien von Unternehmen. Metropolis, Marburg: 243–264

NLfB – Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hrsg.) (1997): Böden in Niedersachsen. Online-Version [http://www.lbeg.de/extras/nlfbook/html/nds_main.htm, 18.08.2010]

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2005): Hochwasserschutz in Niedersachsen
[http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C14966827_L20.pdf, 13.05.2010]

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2007): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen – Festland. Norden

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2009a): Niedersächsischer Beitrag für das Maßnahmenprogramm der Flussgebietsgemeinschaft Weser nach Art. 11 der EG-Wasserrahmenrichtlinie bzw. nach § 181 des Niedersächsischen Wassergesetzes. Lüneburg

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2009b): Niedersächsischer Beitrag für den Bewirtschaftungsplan der Flussgebietsgemeinschaft Weser nach Art. 13 der EG-Wasserrahmenrichtlinie bzw. nach § 184a des Niedersächsischen Wassergesetzes. Lüneburg

NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.) (2010): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen – Ostfriesische Inseln. Norden

nordwest2050 (2008): Rahmenantrag. Perspektiven für Klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg, Bremen, Oldenburg

NOZ (2010): „Neue Zuversicht im Bremer Stahlwerk“ von Norbert Meyer, Neue Osnabrücker Zeitung am 26.09.2010 [<http://www.noz.de/artikel/47990094/neue-zuversicht-im-bremer-stahlwerk>, 15.12.2010]

OcCC – Organe consultatif sur les changements climatiques (2003): Extremereignisse und Klimaänderung: 88

Oeding, D. & B.R. Oswald (2004): Elektrische Kraftwerke und Netze, Berlin, Springer Verlag

Osthorst, W. (2008): The Rise of a Container Region, Sectoral Transformation and Environmental Conflicts in Northwest Germany: A Case of Multi-Level Policy Making. Manuscript Version

Osthorst, W. & C. Mänz (2012): Types of cluster adaptation to climate change. Lessons from the port and logistics sector of Northwest Germany. In: Maritime Policy and Management, Vol. 39, No. 2: 227–248

Ott, H. E. & C. Richter (2008): Anpassung an den Klimawandel – Risiken und Chancen für deutsche Unternehmen. Wuppertal Institut, Wuppertal

Ott, K., C. Epple, H. Korn, R. Piechocki, T. Potthast, L. Voget & N. Wiersbinski (2010): Vilmer Thesen zum Naturschutz im Klimawandel. Natur und Landschaft 85: 6

Overbeck, G., A. Hartz & M. Fleischhauer (2008): Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung“ – Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 6/7.2008: 363–380

Overbeck, G., P. Sommerfeldt, S. Köhler & J. Birkmann (2009): Klimawandel und Regionalplanung – Ergebnisse einer Umfrage des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung“. In: Raumforschung und Raumordnung, Heft 2/2009, 67. Jahrgang: 193–203

Parmesan, C. & G. Yohe (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature, Vol. 421: 37–42

Pérez, A.A., B.H. Fernandez & R.C. Gatti (eds.) (2010): Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. Ecosystem Management Series No. 9, International Union for the Conservation of Nature (IUCN), Gland, Switzerland: 164

Petermann, J., S. Balzer, G. Ellwanger, E. Schröder & A. Ssymank (2007): Klimawandel – Herausforderung für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000. In: S. Balzer, M. Dietrich & B. Beinlich (Hrsg.): Natura 2000 und Klimaänderungen. Bonn-Bad Godesberg, Bundesamt für Naturschutz, Naturschutz und Biologische Vielfalt. Vol. 46: 127–148

- Petermann, T., C. Revermann & C. Scherz (2006): Zukunftstrends im Tourismus. Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, 19, edition sigma, Berlin: 199
- Peters, H. P. & H. Heinrichs (2007): Das öffentliche Konstrukt der Risiken durch Sturmfluten und Klimawandel. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom verlag: 115–144
- Pfriem, R. & N. Karlstetter (2010): Bestandsaufnahme: „Kriterien zur Regulierung von Flächennutzungskonflikten zur Sicherung der Ernährungsversorgung“. 4. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 50
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=185&unid=6fde5d91f9c547ae3856c6e18e4abd4b, 02.02.2010]
- Pinnekamp, J., S. Köster, M. Siekmann & P. Staufer (o. J.): Klimawandel und Siedlungswasserwirtschaft [http://www.isa.rwth-aachen.de/images/stories/Arbeitsbereiche/Abwasserableitung/KlimaNet/Entwaesserungsfachleute/KlimawandelSww_05Mrz08%20_2_.pdf, 27.05.2010]
- Porter, M. E. (1998): Clusters and the new economics of competition, in: Harvard Business Review, Reprint Nr. 98609 (Nov Dec 1998)
- Prittitz, V. von (2007): Vergleichende Politikanalyse. Stuttgart: Lucius & Lucius
- Prutsch, A., T. Grothmann, I. Schauer, S. Otto & S. McCallum (2010): Guiding principles for adaptation to climate change in Europe. ETC/ACC Technical Paper 2010/6, November 2010: 32
- Reise, K., K. Essink & K. Laursen (2005): Synthesis of Ecosystem Developments. In: Essink, K., Dettmann, C., Farke, H., Laursen, K., Lüerßen, G., Marencic, H. and Wiersinga, W. (Eds.): Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany: 319–323
- Ritter, E.-H. (2007): Klimawandel – eine Herausforderung an die Raumplanung. In: Raumforschung und Raumordnung, Heft 6/2007, 65. Jahrgang: 531–538
- RKI – Robert Koch-Institut (2008): Zahl der Hantavirus-Erkrankungen erreichte 2007 in Deutschland einen neuen Höchststand. In: Epidemiologisches Bulletin 19, 9. Mai 2008: 147–149
- Roberts, N. (1998): Radical Change by Entrepreneurial Design. In: Acquisition Review Quarterly – Spring 1998: 107–127
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig & J. A. Pounds (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421: 57–60
- Runge, K. & T. Wachter (2010): Umweltfolgenprüfung und Klimaanpassungsmaßnahmen – Ansätze zur Berücksichtigung in SUP, UVP und Eingriffsregelung. Naturschutz und Landschaftsplanung 42 (5), 2010: 141–147
- SBU – Senator für Bau und Umwelt (Hrsg.) (2003): Hochwasserschutz im Land Bremen. Bericht des Senats zur Hochwasserschutzsituation im Land Bremen und Folgerungen anlässlich der Flutkatastrophe an der Elbe im August 2002. Bremen
[<http://www.safecoast.org/editor/databank/File/hochwasserschutz%20im%20land%20Bremen.pdf>, 20.05.2010]

- Scheele, U. & J. Oberdörffer (2011): Transformation der Energiewirtschaft: Zur Raumrelevanz von Klimaschutz und Klimaanpassung. 12. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 111
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=279&unid=6151be89c33370ab218e14b6e783d0d9, 27.10.2011]
- Scheffer, F. & P. Schachtschabel (Hrsg.) (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Auflage. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag
- Schellnhuber, H. J. (2009): Tipping elements in the Earth System. PNAS, December 8, 2009, Vol. 106, No. 49: 20561–20563
- Schirmer, M. & S. Wittig (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Gesellschaft in der Unterweserregion. SCB-Werkstattbericht Nr. 1 zum Projekt „Klima-Wandel Unterweser – informieren, erkennen, handeln“. Bremen
- Schirmer, M. (2005): Das Klimaszenario der Fallstudie „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU). In: Schuchardt, B. & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 49–56
- Schirmer, M., D. Kraft, & S. Wittig (2004): Küstenökologische Aspekte des Klimawandels. Endbericht des Teilprojekts „Ökologischer Komplex“ im Projekt „Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutzmanagement an der deutschen Nordseeküste (KRIM)“, Abt. Aquatische Ökologie, Universität Bremen, BMBF-Förderkennzeichen 01LD0012, Bremen: 171
- Schirmer, M., W. Elsner, I. Grabemann, H. Heinrichs, H. Lange, S. Mai, H.P. Peters, B. Schuchardt, S. Wittig & C. Zimmermann (2007): Reaktionsvarianten des Küstenschutzes zur Anpassung an den Klimawandel. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.) (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom verlag: 167–192
- Schönthaler, K., S. von Andrian-Werburg, K. Wulfert, V. Luthardt, B. Kreinsen, R. Schultz-Sternberg & R. Hommel (2010): Establishment of an Indicator Concept for the German Strategy on Adaptation to Climate Change. Climate Change Nr. 07/2010, FKZ: 364 01 006, Umweltbundesamt [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4031.pdf>, 21.12.2011]
- Schönwiese, C.-D. & R. Janoschoitz (2008): Klima-Trendatlas Europa 1901–2000. Bericht Nr. 7, Inst. Atmosphäre Umwelt, Universität Frankfurt/Main, 82
- Schröter, D., L. Acosta-Michlik, A.W. Arnell, M.B. Araújo, F. Badeck, M. Bakker, A. Bondeau, H. Bugmann, T. Carter, A.C. de la Vega-Leinert, M. Erhard, G.Z. Espiñeira, F. Ewert, U. Fritsch, P. Friedlingstein, M. Glendining, C.A. Gracia, T. Hickler, J. House, M. Hulme, S. Kankaanpää, R.J. T. Klein, B. Krukenberg, S. Lavorel, R. Leemans, M. Lindner, J. Liski, M.J. Metzger, J. Meyer, T. Mitchell, F. Mohren, P. Morales, J.M. Moreno, I. Reginster, P. Reidsma, M. Rounsevell, E. Pla, J. Pluimers, I.C. Prentice, A. Pussinen, A. Sánchez, S. Sabaté, S. Sitch, B. Smith, J. Smith, P. Smith, M.T. Sykes, K. Thonicke, W. Thuiller, G. Tuck, G. van der Werf, J. Vayreda, M. Wattenbach, D.W. Wilson, F.I. Woodward, S. Zaehle, B. Zierl, S. Zudin & W. Cramer (2004): ATEAM (Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling) final report. Section 5 and 6 and Annex 1 to 6, Reporting period: 01.01.2001–30.06.2004, Contract EVK2-2000-00075, Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK): 139
- Schröter, D., W. Cramer, R. Leemans, I.C. Prentice, M.B. Araujo, N.W. Arnell, A. Bondeau, H. Bugmann, T.R. Carter, C.A. Gracia, A.C. de la Vega-Leinert, M. Erhard, F. Ewert, M. Glendining, J.I. House, S. Kankaanpää, R.J.T. Klein, S. Lavorel, M. Lindner, M.J. Metzger, J. Meyer, T.D. Mitchell, I. Reginster, M. Rounsevell, S. Sabaté, S. Sitch, B. Smith, J. Smith, P. Smith, M.T. Sykes, K. Thonicke, W. Thuiller, G. Tuck, S. Zaehle & B. Zierl (2005): Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. Science 310: 1333–1337

Schuchardt, B. & M. Schirmer (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. oekom Verlag, München: 237

Schuchardt, B. & S. Wittig (2008): Klimawandel & Klimafolgen in Deutschland. Themenblatt: Anpassung an Klimaänderung in Deutschland. BioConsult Schuchardt & Scholle GbR, Hrsg. vom UBA, Dessau

Schuchardt, B., I. Grabemann, H.J. Grabemann, D. Kraft, M. Meinken, S. Osterkamp & A. Weirauch (2005): Zukunftsbilder: wie könnten zukünftige Veränderungen die Klimasensitivität der Unterweserregion beeinflussen? In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.): Klimawandel und Küste. Die Zukunft der Unterweserregion. Springer-Verlag, Heidelberg: 239–250

Schuchardt, B., M. Schirmer & S. Wittig (2007): Klimawandel, Küstenschutz und integriertes Risikomanagement. In: Schuchardt, B. & M. Schirmer (Hrsg.): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. oekom-Verlag, München: 193–216

Schuchardt, B., M. Schirmer, H. Lange, S. Wittig, M. Ronthaler & J. Sprado (2008a): Integration und Informationsplattform. Endbericht des Teilprojekts 5 des Verbundprojekts „Integriertes Hochwasserrisikomanagement in einer individualisierten Gesellschaft“ (INNIG). BMBF-Förderprogramm „Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse“ (RIMAX). [http://www.innig.uni-bremen.de/endbericht_tp5.pdf, 25.02.2010]

Schuchardt, B., S. Wittig & J. Spiekermann (2010a): Klimaszenarien für ‚nordwest2050‘. Teil 1: Grundlagen. 2. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘, 37
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=183&unid=734e560eaf68e0caa04681b605ebfc0a, 27.10.2010]

Schuchardt, B., S. Wittig & J. Spiekermann (2010b): Klimaszenarien für ‚nordwest2050‘. Teil 2: Randbedingungen und Beschreibung. 3. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘, 76
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=184&unid=734e560eaf68e0caa04681b605ebfc0a, 27.10.2010]

Schuchardt, B., S. Wittig & M. Schirmer (2008b): Klimawandel und Ästuare – Perspektiven für den Naturschutz. Studie für den WWF Deutschland. 1. Auflage, Frankfurt a. M.
[http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/Report_Klimawandel_und_AEstuare.pdf, 02.03.2010]

Schuchardt, B., S. Wittig, J. Spiekermann (2011): Klimawandel in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. Regionale Analyse der Vulnerabilität ausgewählter Sektoren und Handlungsbereiche. 11. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘, BioConsult: 502
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=272&unid=558d5bd2dde8647264fe98b295d6675e; 23.06.2011]

Seidel, A. (2005): Küstenbilder des Zukunftstourismus – Zwischen Ökonomie und Ökologie? In: M. Döring, Wo. Settekorn & H. von Storch (Hrsg.): Küstenbilder, Bilder der Küste: Interdisziplinäre Ansichten, Ansätze und Konzepte: 323–338

Seidler, C. (2008): Tauende Arktis: Nordost- und Nordwestpassage erstmals gleichzeitig eisfrei, Spiegel-Online. Nachrichten. Wissenschaft
[<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,574539,00.html>, 25.05.2010]

- Siebenhüner, B., T. Grothmann, D. Krömker & A. Homburg (2009): KyotoPlus-Navigator. Praxisleitfaden zur Förderung von Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Erfolgsfaktoren, Instrumente, Strategie. [http://www.erklim.uni-oldenburg.de/download/KyotoPlusNavigator_Downloadfassung_April2009_090419.pdf, 26.08.2010]
- Sitzmann, D. (2008): Klimawandel – Auswirkungen auf die Bemessungspraxis in der Siedlungswasserwirtschaft? Artikel anlässlich der 8. Göttinger Abwassertage, Kosten der Kanalsanierung – Wege, Irrwege, Strategien [http://www.ta-hannover.de/newsletter/2008/09_08/sitzmann.pdf, 25.07.2010]
- Smit, B. & J. Wandel (2006): Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16: 282–292
- Smit, B., O. Pilifosova, u. a. (2001): Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity, in: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, UK, Cambridge University Press
- Smithers, J.R. & B. Smit (2009): Human Adaptation to Climatic Variability and Change, in: *The Earthscan Reader on Adaptation to Climatic Change*: 15–33
- SRU (2008): Innovationsorientierte Umweltpolitik ein neuer Megatrend? Sachverständigenrat für Umweltfragen, Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Band 2: Kapitel 2, Berlin
- Stadt WHV (2010): Webportal der Stadt Wilhelmshaven. [http://www.wilhelmshaven.de/wirtschaft_arbeit/standort.htm, 15.12.2010]
- Stock, M. (2005): KLARA: Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. PIK Report, No. 99: 222
- Stock, M., J. Kropp & O. Walkenhorst (2009): Risiken, Vulnerabilität und Anpassungserfordernisse für klimaverletzliche Regionen. *Raumforschung und Raumordnung* 67, Heft 2: 97–113
- Stübner, S. (2007): Klimawandel und Forstwirtschaft: Aktueller Stand der Diskussion – Literaturstudie: 54 [http://www.waldwissen.net/dossier/bfw_dossier_klimawandel_DE, 10.01.2011]
- SUBVE – Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (2009): Mitteilung des Senats vom 15. Dezember 2009. Klimaschutz- und Energieprogramm (KEP 2020)/Vierte Fortschreibung des Landesenergieprogramms nach § 13 des Bremischen Energiegesetzes. Bremische Bürgerschaft, Drucksache 17/1112 vom 15.12.09
- SUBVE – Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (2010a): Erste Zwischenbilanz: Ein Jahr Leitbild der Stadtentwicklung 2020. Sonderveröffentlichung des Senators für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa. Bremen
- SUBVE – Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (Hrsg.) (2010b): Regen Wasser – natürlich. dezentral. bewirtschaften. Bremen [http://www.hansewasser.de/fm/200/Regenwasser-Broschuere_web.pdf, 25.07.2010]
- SUBVE – Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (o. J.): Bremen '20 – Komm mit nach morgen! Leitbild der Stadtentwicklung 2020. [<http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=bremen%E2%80%99%2020%E2%80%93%20komm%20mit%20nach%20morgen!%20leitbild%20der%20stadtentwicklung%202020&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.komm-mit-nach-mor-gen.de%2F5.0%2Fdownloads%2FLeitbild.pdf&ei=rNzDTsDHDsmLsAbrroXoCw&usq=AFQjCNEu6cbgxMdVA3fr7kdqIV2vbHD2gw&cad=rja>, 16.11.2011]

swb (2009): swb-Umweltbericht 2009 für den Berichtszeitraum 2008

Tank, A.K., F.W. Zwiers & X. Zhang (2009): Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. Climate Data and Monitoring, WCDMP-No. 72, WMO, 52

Tesch, S. (2008): Einflüsse der Passierbarkeit der Nordwestpassage auf die Handelsrouten der Schifffahrt unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und naturwissenschaftlicher Aspekte, Google Bücher, Diplomarbeit

Tetzlaff, G., T. Trautmann & K.S. Radtke (2002): Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge. Zweites Forum Katastrophenvorsorge, Leipzig, 24. bis 26. September 2001, Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV): 80

Thomas, C.D., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y.C. Collingham, B.F.N. Erasmus, M.F. de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A.S. van Jaarsveld, G.F. Midgley, L. Miles, M.A. Ortega-Huerta, A.T. Peterson, O.L. Phillips & S.E. Williams (2004): Extinction risk from climate change. Nature, Vol. 427: 145–148

TMN – TourismusMarketing Niedersachsen GmbH (2009): Tourismus in Niedersachsen. Zahlen – Daten – Fakten. Veröffentlicht im Mai 2009: 24

TNS Infratest Politikforschung (2008): Klimaverträgliche Mobilität. Mai 2008. Berlin

Townsend, C.R., J.L. Harper, M.E. Begon (2003): Ökologie. 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin 20: 707

U.S. Arctic Research Commission Permafrost Task Force (2003): Climate Change, Permafrost, and Impacts on Civil Infrastructure. Special Report 01-03, U.S. Arctic Research Commission, Arlington, Virginia: 62 [www.arctic.gov/publications/permafrost.pdf, 08.02.2011]

UBA – Umweltbundesamt (2003): Mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Ausbreitung von primär humanmedizinisch relevanten Krankheitserregern über tierische Vektoren sowie auf die wichtigsten Humanparasiten in Deutschland. UBA Bericht FKZ 200 61 218/11, Berlin: 389 [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2291.pdf>, 01.12.2010]

UBA – Umweltbundesamt (2009a): Gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel. Hintergrundpapier des UBA, Pressestelle, Autoren: H.-G. Mücke, J. Klasen, O. Schmoll & R. Szewzyk: 20 [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3753.pdf>, 01.12.2010]

UBA – Umweltbundesamt (2009b): Klimawandel und Gesundheit: Informations- und Überwachungssysteme in Deutschland. Ergebnisse der internetbasierten Studie zu Anpassungsmaßnahmen an gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland. Umwelt & Gesundheit 03/2009, von Sperk, C. & H.-G. Mücke: 117 [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3816.pdf>, 01.12.2010]

UBA – Umweltbundesamt (2009c): Umweltbewusstsein und Umweltverhalten der sozialen Milieus in Deutschland. Dessau-Roßlau [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3871.pdf>, 05.04.2009]

UBA – Umweltbundesamt (2010): Klimawandel und Gesundheit – welche Probleme verursachen wärmeliebende Schadorganismen? Abschlussbericht, Internationales UBA/BMU-Fachgespräch: 09. und 10. November 2009, Umweltbundesamt, Berlin-Dahlem: 56 [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3925.pdf>, 01.12.2010]

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2006): Was Sie über vorsorgenden Hochwasserschutz wissen sollten. Dessau [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3019.pdf>, 22.03.2011]

- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2008): UBA-Workshop „Böden im Klimawandel – Was tun?!“ am 22./23. Januar 2008. Texte 25/08. Dessau-Roßlau
[<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3495.pdf>, 23.07.2010]
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2011): Stakeholder-Dialoge: Chancen und Risiken des Klimawandels. UBA-Projekt, Abschlussbericht, Förderkennzeichen 3708 49 106: 176
[<http://www.uba.de/uba-info-medien/4071.html>, 17.03.2011]
- UBA & DWD – Umweltbundesamt & Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) (2008): Klimawandel und Gesundheit. Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen sommerlicher Hitze und Hitzewellen und Tipps zum vorbeugenden Gesundheitsschutz: 13
- Vagts, I., H. Cordes, G. Weidemann & D. Mossakowski (2000): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologischen Systeme der Küsten (Salzwiesen & Dünen). Teil A: Synthese. Abschlußbericht des Verbundvorhabens, gefördert durch das BMBF & das Land Mecklenburg-Vorpommern: 199
- Vetter, A. (2010): Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel – Aktivitäten des Bundes. KomPass-Newsletter, Ausgabe Nr. 12, September 2010: 2–6
[http://www.anpassung.net/SharedDocs/Downloads/Newsletter/Newsletter__12,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Newsletter_12.pdf, 09.09.2010]
- Vohland, K., F.-W. Badeck, A. Popp, A. Holsten, A. Spitzner & W. Cramer (2009): Naturschutzgebiete im Klimawandel – Risiken für Schutzziele und Handlungsoptionen. Klimaszenarien und Vulnerabilitäten. In: Korn H, Schliep R, Stadler J (Hrsg.): Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland IV – Ergebnisse und Dokumentation des 4. Workshops an der Internationalen Naturschutzakademie des Bundesamtes für Naturschutz, Insel Vilm 14.–17.10.2007. BfN-Skripten 246, Bonn-Bad Godesberg: 11–13
- Wachsmuth, J., S. Gößling-Reisemann, S. Stührmann, B. Lutz-Kunisch, A. von Gleich, J. Gabriel & S. Meyer (2011): Vulnerabilitätsanalyse der Energieversorgung der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten Deutschlands im Kontext des Klimawandels. Bericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘, Universität Bremen (im Erscheinen)
- Walkenhorst, O. & M. Stock (2009): Regionale Klimaszenarien für Deutschland – Eine Leseanleitung. Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Hannover, E-Paper Nr. 6: 24
- Walter, A. (2010): Die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz – Was haben wir davon? In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe & Deutscher Städtetag (Hrsg.) (2010): Drei Ebenen, ein Ziel: Bevölkerungsschutz – gemeinsame Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen. Bonn, Köln: 16–21
[http://www.bbk.bund.de/cln_028/nn_402322/SharedDocs/Publikationen/Broschueren__Flyer/DreiEbenen-einZiel,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DreiEbenen-einZiel.pdf]
- Walther, G.-R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T.J.C. Beebee, J.-M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg & F. Bairlein (2002): Ecological responses to recent climate change. *Nature*, Vol. 416: 389–395
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2006): Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer. Sondergutachten. Berlin: 114
[http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/sondergutachten/sn2006/wbgu_sn2006.pdf, 22.03.2010]
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2009): Klimawandel: Warum 2°C? Factsheet Nr. 2/2009: 4
[<http://www.wbgu.de/veroeffentlichungen/factsheets/factsheet-22009/>, 17.12.2010]

Weller, I. (2008): Konsum im Wandel in Richtung Nachhaltigkeit? Forschungsstand und Perspektiven. In: Hellmuth Lange (Hg.): Nachhaltigkeit als radikaler Wandel. Die Quadratur des Kreises? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 43–70.

Weller, I., H. Krapf, D. Wehlau & K. Fischer (2010): Untersuchung der Wahrnehmung des Klimawandels im Alltag und seiner Folgen für Konsumverhalten und Vulnerabilität in der Nordwest-Region. Ergebnisse einer explorativen Studie. 6. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsverbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 106
[http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=196&unid=6fde5d91f9c547ae3856c6e18e4abd4b, 02.02.2011]

WENKE² (2007): Zwischenbericht 2007. CENTOS – Oldenburg Center for Sustainability Economics and Management, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; Technische Universität Dresden; Max Planck Institut für Ökonomik, Jena,
[http://www.fk2.unioldenburg.de/wenke2/download/Zwischenbericht_01UN0602C_2007.einseitig.pdf, 15.04.2010]

WENKE² (2009): Zwischenbericht 2008. CENTOS – Oldenburg Center for Sustainability Economics and Management, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; Technische Universität Dresden; Max Planck Institut für Ökonomik, Jena,
[http://www.fk2.unioldenburg.de/wenke2/download/Zwischenbericht_01UN0602C_2008.endgueltig.einseitig.pdf, 15.04.2010]

Wessolek, G., M. Lorenz, K. Schwärzel & M. Kayser (2003): Auswirkungen von Klimaänderungen auf bodenhydrologische Zustandsgrößen: Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes, der Biomasseproduktion und der Degradierung der Niedermoore als Folgen des globalen Wandels. Endbericht zum GLOWA-ELBE Teilvorhaben „Spreewald“. Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, FG Standortkunde und Bodenschutz

Wiegand, T. S. (2010): Synergien und Konflikte zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung in der Regionalplanung – am Beispiel der Region Hannover. Diplomarbeit der Leibniz Universität Hannover: 100

Windhorst, W., F. Müller & H. Wiggering (2004): Umweltziele und Indikatoren für den Ökosystemschutz. In: Müller, F. & H. Wiggering (Hrsg.): Umweltziele und Indikatoren. Wissenschaftliche Anforderungen an ihre Festlegung und Fallbeispiele. Berlin: 345–373

Wisner, B., P. Blaikie, T. Cannon & I. Davis (2004): At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters. London and New York, Routledge.

Wittig, S., A. Elsner, W. Elsner, D.P. Eppel, I. Grabemann, H.-J. Grabemann, D. Kraft, S. Mai, V. Meyer, C. Otte, M. Schirmer, B. Schuchardt, I. Yu & C. Zimmermann (2007a): Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und die Küstenschutzsysteme: Ergebnisse der erweiterten Risikoanalyse. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom verlag: 93–113

Wittig, S., D. Kraft & S. Mai (2007b): Die Jade-Weser-Region: Zustand und Entwicklung. In: B. Schuchardt & M. Schirmer (Hrsg.): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. München: oekom verlag: 37–58

Woth, K. & H. von Storch (2008): Klima im Wandel: Mögliche Zukünfte des Norddeutschen Küstenklimas. In: Dithmarschen: Landeskunde – Kultur – Natur, Heft 1/2008: 20–31

Woth, K. (2006): Regionalisierung von globalen Klimaänderungsszenarien. Ändert sich die Sturmflutstatistik der Nordseeküste in Folge zunehmender Treibhausgaskonzentration? Präsentation am 9.11.2006, Hamburg

WWF Deutschland (2009): Der touristische Klima-Fußabdruck. WWF-Bericht über die Umweltauswirkungen von Urlaub und Reisen: 24

WWF Deutschland (Hrsg.) (2007): Fünf Jahre nach der Elbeflut – Wurden und werden öffentliche Finanzhilfen im Sinne eines nachhaltigen Hochwasserschutzes verwendet? Kurzfassung. Frankfurt am Main [http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/wwf_fuenf_jahre_elbehochwasser_langfassung.pdf, 27.06.2010]

Zebisch, M., T. Grothmann, D. Schröter, C. Hasse, U. Fritsch & W. Cramer (2005): Klimawandel in Deutschland – Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Forschungsbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2947.pdf>, 20.02.2010]

Zhang, K., B.C. Douglas & S.P. Leatherman (2004): Global warming and Coastal Erosion. Climatic Change 64: 41–58

Zinßer, B. (2011): Jahresenergieerträge unterschiedlicher Photovoltaik-Technologien bei verschiedenen klimatischen Bedingungen, Shaker Verlag Aachen

8.2 Internet

Website ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Arbeitskreis Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung [<http://www.arl-net.de/projekte/ak-risikomanagement>, 10.01.2012]

Website BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: „Bevölkerungsschutz“ [http://www.bbk.bund.de/nn_402322/DE/00__Home/TopThema/TT__2009/Definition-Bevoelkerungsschutz.html, 29.10.2010]

Website BdV – Bund der Versicherten [<http://www.bunddersicherten.de>, 27.05.2010]

Website BOKLIM – Bodendaten in der Klimaforschung [<http://www.boklim.de>, 30.09.2010]

Website DWD – Deutscher Wetterdienst: Warnkriterien für Unwetterwarnungen des DWD [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_state=maximized&_windowLabel=T169600781711254206874155&T169600781711254206874155gsbDocumentPath=Navigaton%2FOeffentlichkeit%2FWetter__Warnungen%2FWarnungen%2FAmtliche__Warnungen%2FKriterien__Unwetterkriterien__node.html%3F__nnn%3Dtrue&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_warnungen; 10.05.2011]

Website DWIF – Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr [<http://www.dwif.de/>, 10.08.2011]

Website IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change [<http://www.de-ipcc.de/>, 19.07.2011]

Website KWU – KlimaWandel Unterweser; Projekt des BMBF-Förderschwerpunkts „klimazwei – Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen“ [<http://www.klimawandel-unterweser.ecolo-bremen.de/>, 10.08.2011]

Website Nds. MI – Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport: Katastrophenschutz [http://www.mi.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=14969&article_id=62914&psmand=33, 29.10.2010]

Website Nds. MUK – Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz: Küstenschutz [http://www.umwelt.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=2579&article_id=9003&psmand=10, 25.03.2010]

Website NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Gewässerkundlicher Landesdienst (GLD) in Niedersachsen [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=7911&article_id=43327&psmand=26, 06.06.2010]

Website NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Hochwasserschutz – Eine Aufgabe für Gegenwart und Zukunft [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=7936&article_id=45196&psmand=26, 06.06.2010]

Website Norddeutsches Klimabüro [<http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/startseite.html>, 23.07.2009]

Website NSIDC – National Snow and Ice Data Center: All About Frozen Ground [<http://nsidc.org/frozensground/>, 22.03.2010]

Website KomPass – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung [http://www.anpassung.net/cln_117/nn_701050/DE/Anpassungsstrategie/anpassungsstrategie__node.html?__nnn=true, 02.04.2009]

Website Rotterdam Climate Initiative [<http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/>, 10.08.2011]

Website SIS – Der Senator für Inneres und Sport Bremen: Katastrophen- und Zivilschutz [<http://www.inneres.bremen.de/sixcms/detail.php?gsid=bremen52.c.2141.de>, 29.10.2010]

8.3 Gesetze, Richtlinien

BauGB – Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585)

BauNVO – Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. April 1993 (BGBl. I S. 466)

BBodSchG – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214)

BremBodSchG – Bremisches Gesetz zum Schutz des Bodens (Bremisches Bodenschutzgesetz) vom 27. August 2002 (Brem.GBl. S. 385), zuletzt geändert am 31. März 2009 (Brem.GBl. S. 129)

BremLBO – Bremische Landesbauordnung in der Fassung vom 27. März 1995 (Brem.GBl. S. 211 – 2130-d-1a), zuletzt geändert durch Artikel 3 Satz 1 Bremische Landesbauordnung und Änderung des Bremischen Ingenieurgesetzes vom 6. 10. 2009 (Brem.GBl. S. 401)

BremWG – Bremisches Wassergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2004 (Brem.GBl. S. 45)

EG-HWRMRL – EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie: Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken

EG-WRRL – EG-Wasserrahmenrichtlinie: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik

EnEV – Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung) vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), geändert durch die Verordnung vom 29. April 2009 (BGBl. I S. 954)

FFH-RL – Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen

Hochwasserschutzgesetz: Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3. Mai 2005, am 10. Mai 2005 in Kraft getreten (BGBl. Teil I Nr. 26, Seite 1224ff)

LROP Niedersachsen 2008: Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen in der Fassung vom 8. Mai 2008 (Nds. GVBl. Nr. 10 vom 22.05.2008)

NBauO – Niedersächsische Bauordnung in der Fassung vom 10. Februar 2003, zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 28. Oktober 2009 (Nds. GVBl. S. 366)

NBodSchG – Niedersächsisches Bodenschutzgesetz vom 19. Februar 1999, zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 05. November 2004 (Nds. GVBl. S. 417)

NDG – Niedersächsisches Deichgesetz vom 23. Februar 2004 (Nds.GVBl. Nr.6/2004 S.83), geändert durch Art. 3 des Gesetzes vom 05. November 2004 (Nds.GVBl. Nr.31/2004 S.417), Art. 10 des Gesetzes vom 28. Oktober 2009 (Nds.GVBl. Nr.22/2009 S.366) und Art. 2 des Gesetzes vom 19. Februar 2010 (Nds.GVBl. Nr.5/2010 S.64)

NWG – Niedersächsisches Wassergesetz vom 19. Februar 2010

WHG – Wasserhaushaltsgesetz: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31. Juli 2009 (BGBl. I, Nr. 51, S. 2585)

9. Anhang

9.1 Die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien

Die folgende Tabelle 19 fasst für alle Klimaparameter die heutige Situation in der Referenzperiode (1971-2000) sowie die Ergebnisse für die ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien 2050 (2036-2065) und 2085 (2071-2100) zusammen (s. a. Schuchardt et al. 2010a und 2010b).

Tabelle 19: Jahreswerte der Klimaparameter für die Referenzperiode (1971-2000) und Differenzen in den ‚nordwest2050‘-Klimaszenarien zur Bestimmung der sektorspezifischen Exposition (weitere Details in Schuchardt et al. 2010a und 2010b; n. a. = im vorliegenden Bericht nicht ausgewertet).

Parameter	heute (1971-2000)	‚nordwest2050‘-Klimaszenarien	
		Szenario 2050 (2036-2065)	Szenario 2085 (2071-2100)
Abflussregime	Ergebnisse der Niederschlags-Abfluss-Modellierung sind in DHI-WASY 2010 und Schuchardt et al. 2011 dargestellt		
Bewölkung (Bedeckungsgrad)	ca. 68% (gemittelt für die MPR HB-OL)	+0,1% (Spannweite: -1 bis +1%)	+0,7% (Spannweite: -6 bis +2%)
CO₂-Konzentration (Atmosphäre; nach IPCC)	385 ppm (2010)	550 ppm (Spannweite: 490 bis 600 ppm)	770 ppm (Spannweite: 615 bis 920 ppm)
Eistage (Tmax. ≤ 0°C)	ca. 13 Tage (gemittelt für MPR HB-OL)	ca. -6 Tage (Spannweite: -16 bis -4 Tage)	ca. -12 Tage (Spannweite: -18 bis -5 Tage)
frostfreie Tage (Tmin. > 0°C)	ca. 310 Tage (gemittelt für MPR HB-OL)	ca. +22 Tage (Spannweite: +33 bis +11 Tage) auf 332 Tage	ca. +32 Tage (Spannweite: +40 bis +12 Tage) auf 342 Tage
Frosttage (Tmin. ≤ 0°C)	ca. 56 Tage (gemittelt für MPR HB-OL)	ca. -22 Tage (Spannweite: -33 bis -11 Tage)	ca. -32 Tage (Spannweite: -40 bis -12 Tage)
Hagel	n. a.	keine Aussagen zu klimawandelbedingten Veränderungen bezüglich des Auftretens von Hagelereignissen; Zunahme solcher Ereignisse mit größeren Hagelkörnern ist jedoch möglich (vgl. BMVBS & BBR 2008)	
heiße Tage* (Tmax. ≥ 30°C)	ca. 3 Tage (gemittelt für MPR HB-OL)	+2,6 Tage (Spannweite: +0,6 bis +3,4 Tage)	+5,3 Tage (Spannweite: +1,4 bis +16,7 Tage)
Hitzeperioden ⁴² (mind. 5 Tage > 25°C, davon 3 Tage > 30°C; nur CLM)	Anzahl pro Jahr: 0,26, Länge: 7 Tage, Durchschnittstemperatur: 30,4°C	Anzahl pro Jahr: 0,81, Länge: 9,5 Tage, Durchschnittstemperatur: 30,9°C	Anzahl pro Jahr: 1,65, Länge: 7,9 Tage, Durchschnittstemperatur: 31,4°C
Hitzestress ^{***} (PET > 35°C ⁴³)	küstennah: 0 bis 1 Tag, Binnenland: ca. 1 bis 2 Tage, Bremen: max. 4 Tage, Oldenburg: max. 3 Tage	Binnenland und städtischen Gebiete: +1 bis +3 Tage (2 bis 5 Tage) ^{**}	Zunahme des Hitzestresses ^{**}
Jahresgesamtniederschlag	734 mm (gemittelt für MPR HB-OL)	+8% (Spannweite: +3 bis +9%)	+6% (Spannweite: -1 bis +10%)
Jahresmitteltemperatur	9,2°C (gemittelt für MPR HB-OL)	+1,5°C (Spannweite: +1 bis +2°C)	+2,8°C (Spannweite: +1,9 bis +4,7°C)
Jahresschneemenge	11,7 mm (gemittelt für MPR HB-OL)	-57% (Spannweite: -92 bis -38%)	-70% (Spannweite: -93 bis -51%)
Kältestress ^{***} (PET < 0°C ⁴⁴)	80 bis 100 Tage (mehr in Küstennähe und östlich der Unterweser)	küstennah: max. -24 Tage (ca. 76 Tage), Binnenland: max. -18 Tage (ca. 72 Tage) ^{**}	Abnahme des Kältestresses insbesondere im Winter ^{**}

⁴² Die Auswertungen der Klimadaten hinsichtlich der Veränderungen von Hitzeperioden erfolgte im Cluster Energiewirtschaft (s. Wachsmuth et al. 2011);

⁴³ Definition nach Matzarakis & Mayer (1996) und Werte aus Matzarakis et al. (2009);

⁴⁴ Definition nach Matzarakis (2007) und Werte aus Matzarakis et al. (2009);

Parameter	heute (1971-2000)	„nordwest2050“-Klimaszenarien	
		Szenario 2050 (2036-2065)	Szenario 2085 (2071-2100)
klimatische Wasserbilanz** (Niederschlag minus Verdunstung; für Monate)	im Jahresgang durchweg positiv (monatliche Messwerte n. a.)	Zunahme: Jan, Mrz, Apr, Jun, Sep, Okt, Nov; Abnahme: Mai, Jul; geringe Änderung: Feb, Aug, Dez	Zunahme: Jan, Mrz, Apr, Okt, Nov, Dez; Abnahme: Mai, Jun, Jul, Aug, Sep; geringe Änderung: Feb
max. Windgeschwindigkeit (maximaler Tagesmittelwert)	18,3 m/s (gemittelt für MPR HB-OL), Nordsee: 20,5 m/s, küstennah: 18,9 m/s, Binnenland: 15,5 m/s	+3,8% (Spannweite: n. a.)	+11% (Spannweite: n. a.)
mittlere Wassertemperatur (Binnengewässer, Unterweser)	entspricht in etwa der mittleren Lufttemperatur, also ca. 9,2°C	+1,5°C (Spannweiten: +1 bis +2°C)	+2,8°C (Spannweiten: +1,9 bis +4,7°C)
mittlerer Meeresspiegel**** (MW)	ca. NN (Normalnull)	+17,5 cm (Spannweite: +9 bis +70 cm)	+34,5 cm (Spannweite: +18 bis +140 cm)
mittleres Tidehochwasser**** (MThw 1996/2005)	Bremen: 2,52 m NN, Bremerhaven: 1,81 m NN	MW-Anstieg zzgl. 15,5 cm (Spannweite: +10 bis +21 cm)	MW-Anstieg zzgl. 30,5 cm (Spannweite: +20 bis +41 cm)
mittleres Tideniedrigwasser**** (MTnw 1996/2005)	Bremen: -1,58 m NN, Bremerhaven: -1,95 m NN	MW-Anstieg abzgl. 17 cm (Spannweite: +12 bis +23 cm)	MW-Anstieg abzgl. 32 cm (Spannweite: +22 bis +43 cm)
nasse Tage (Niederschlag ≥ 10 mm)	küstennah: ca. 17 bis 20 Tage, Binnenland: ca. 15 bis 17 Tage	+4 bis +5 Tage (auf 19 bis 25 Tage)**	+3 bis +4 Tage (auf 18 bis 24 Tage)**
nebelige Tage (relative Luftfeuchte ≥ 93% ⁴⁵)	MPR HB-OL: ca. 40 Tage (Nienburg: ca. 27, Helgoland und Worpswede: 47 Tage)	WETTREG: -10 Tage auf ca. 30 Tage (17 bis 37 Tage)**	WETTREG: -10 Tage auf ca. 30 Tage (17 bis 37 Tage)**
Regentage (Niederschlagsmenge > 1 mm)	ca. 25 (gemittelt für MPR HB-OL)	-4 Tage (Spannweite****: -3 bis +4 Tage)	+4 Tage (Spannweite****: -19 bis +3 Tage)
saisonale Niederschlagsmengen	Frühling: 146 mm Sommer: 208 mm Herbst: 212 mm Winter: 168 mm (gemittelt für MPR HB-OL)	Frühling: +6% (+2 bis +10%) Sommer: -3% (-13 bis +8%) Herbst: +22%**** (+2 bis +19%) Winter: +8%**** (+9 bis +27%)	Frühling: +9% (+1 bis +19%) Sommer: -17% (-46 bis -9%) Herbst: +13% (-2 bis +19%) Winter: +25% (+17 bis +44%)
saisonale Temperaturmittelwerte	Frühling: 8,2°C Sommer: 16,4°C Herbst: 9,8°C Winter: 2,4°C (gemittelt für MPR HB-OL)	Frühling: +1,1°C (+0,3 bis +1,7°C) Sommer: +1,5°C (+1,1 bis +1,8°C) Herbst: +1,7°C (+1,4 bis +2,2°C) Winter: +1,9°C (+1,1 bis +2,8°C)	Frühling: +1,9°C (+1,3 bis +4,5°C) Sommer: +2,7°C (+1,8 bis +5,3°C) Herbst: +2,9°C (+2,1 bis +4,6°C) Winter: +3,6°C (+1,7 bis +4,5°C)
Schneebedeckung (Tage mit Schneedecke ≥ 1 cm; nur CLM)	ca. 17 Tage (gemittelt für die MPR HB-OL)	-2,4 Tage (Spannweite: -10 bis 0 Tage)	-3,5 Tage (Spannweite: -10 bis 0 Tage)
Schneemenge	ca. 12 mm (gemittelt für MPR HB-OL)	-57% (Spannweite: -92 bis -38%)	-70% (Spannweite: -93 bis -51%)
Schneetage (Tage mit ausschließlich Schneefall)	ca. 11 Tage (gemittelt für die MPR HB-OL)	-0,9 Tage (Spannweite: -2,5 bis +0,1 Tage)	-1,3 Tage (Spannweite: -2,7 bis -0,2 Tage)
schwüle Tag (Dampfdruck > 18 hPa ⁴⁶)	zwischen ca. 8 und 12 Tage (ca. 10 Tage gemittelt für MPR HB-OL)	WETTREG: +7 Tage auf ca. 15 bis 19 Tage**	WETTREG: +13 Tage auf ca. 21 bis 25 Tage**
Sommertage (Tmax. ≥ 25°C)	ca. 18 Tage (gemittelt für MPR HB-OL)	ca. +8 Tage (Spannweite: +2 bis +10 Tage)	ca. +16 Tage (Spannweite: +6 bis +43 Tage)

⁴⁵ Definition nach Matzarakis et al. (2009);⁴⁶ Definition nach Matzarakis et al. (2009);

Parameter	heute (1971-2000)	„nordwest2050“-Klimaszenarien	
		Szenario 2050 (2036-2065)	Szenario 2085 (2071-2100)
Sonnenscheindauer (pro Jahr; nur CLM)	ca. 1600 Stunden (gemittelt für die MPR HB-OL)	ca. -3% (Spannweite: -5 bis -2%)	ca. -4% (Spannweite: -7 bis -3%)
Sonnenscheindauer im Sommer (nur CLM)	636 Stunden in JJA (gemittelt für MPR HB-OL)	+4% (Spannweite: -5 bis +6%)	+7% (Spannweite: -5 bis +9%)
sonnige Tag (Bedeckungsgrad < 4 Achtel ⁴⁷)	MPR HB-OL: ca. 86 Tage (Bremen und Worpsswede: ca. 80, Nienburg ca. 94 Tage)	WETTREG: +15 Tage (101 Tage)**	WETTREG: + 19 Tage (105 Tage)**
Starkregentag (Niederschlagsmenge \geq 20 mm)	ca. 3 Tage (gemittelt für MPR HB-OL)	+1 Tag (Spannweite: 0 bis +1 Tag)	+2 Tage (Spannweite: +1 bis +2 Tagen)
Starkregentage (Niederschlagsmenge \geq 20 mm)	Jahr: ca. 3 Tage Frühling: 0,4 Tage Sommer: 1,4 Tage Herbst: 1,1 Tage Winter: 0,3 Tage (gemittelt für MPR HB-OL)	Jahr: +1 (0 bis +1 Tage) Frühling: \pm 0% Sommer: +15% Herbst: +54% Winter: -4%	Jahr: +2 (+1 bis +2 Tage) Frühling: +55% Sommer: +12% Herbst: +66% Winter: +74%
Sturmflutwasserstände**** (HHThw als Summe aus MW, MThw und Windstau)	Bremen (28.01.1994): +5,43 m NN, Brhv (16.02.1962): +5,35 m NN, Brake (17.02.1962): +5,29 m NN, Whv (16.02.1962): +5,21 m NN, Cuxhaven (16.02.1962): +4,94 m NN, Wangerooge (03.01.76): +4,34 m NN	+43 cm (Spannweite: +19 bis +111 cm)	+90 cm (Spannweite: +53 bis +216 cm)
stürmische Tage bzw. Sturmtage (Windgeschwindigkeit \geq 17,2 m/s = 8 Bft ⁴⁸)	7,4 Tage (gemittelt für MPR HB-OL), Nordsee: ca. 30 Tage, küstennah: ca. 6 bis 8 Tage, Binnenland: ca. 1 bis 3 Tage	ca. +0,4 Tage (Spannweite: -1,3 bis +3 Tage)	ca. +0,7 Tage (Spannweite****: +1,5 Tage bis +3 Tage)
Summe aus mittlerem Meeresspiegel**** (MW) und mittlerem Tidehochwasser**** (MThw)	MW ca. NN, MThw (1996/2005): Bremen: 2,52 m NN, Bremerhaven: 1,81 m NN	+33 cm (Spannweite: +19 bis +91 cm), MW: +17,5 cm (+9 bis +70 cm), MThw: +15,5 cm (+10 bis +21 cm)	+65 cm (Spannweite: +38 bis +181 cm), MW: +34,5 cm (+18 bis +140 cm), MThw: +30,5 cm (+20 bis +41 cm)
thermische Eignung*** (18°C < PET < 29°C ⁴⁹)	küstennah: 40 bis 50 Tage, Binnenland: 60 bis 70 Tage	küstennah +8 Tage (48 bis 58 Tage) Binnenland +6 Tage auf 66 bis 76 Tage**	Zunahme der thermischen Eignung**
thermischer Komfort*** (18°C < PET ⁵⁰ < 29°C ⁵¹)	küstennah: 40 bis 50 Tage, Binnenland: 60 bis 70 Tage	küstennah: +8 Tage (auf 48 bis 58 Tage), Binnenland: +6 Tage (auf 66 bis 76 Tage)**	Zunahme der thermischen Eignung**
trockene Tage (Niederschlagsmenge \leq 1 mm)	ca. 240 Tage (gemittelt für MPR HB-OL)	+4 Tage (Spannweite****: -4 bis +3 Tage)	-4 Tage (Spannweite****: -3 bis +19 Tage)

⁴⁷ Definition nach Gómez Martín (2004);

⁴⁸ Definition nach CLIVAR (Climate Variability and Predictability): Expert Team on Climate Change Detection and Indices (<http://www.clivar.org/organization/etccdi/etccdi.php>);

⁴⁹ Definition nach Matzarakis (2007) und Werte aus Matzarakis et al. (2009);

⁵⁰ In den thermischen Index „Physiologisch Äquivalente Temperatur“ (PET) fließen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, kurz- und langwellige Strahlung der Umgebung sowie physiologische Größen ein;

⁵¹ Definition nach Matzarakis (2007) und Werte aus Matzarakis et al. (2009);

Parameter	heute (1971-2000)	,nordwest2050'-Klimaszenarien	
		Szenario 2050 (2036-2065)	Szenario 2085 (2071-2100)
tropische Nächte (Tmin. ≥ 20 °C)	0,3 Nächte (gemittelt für MPR HB-OL)	+1,7 Nächte (Spannweite: +0,3 bis +1,7 Nächte)	+4 Nächte (Spannweite: +1,3 bis +18,7 Nächte)
Wasserstände durch Windstau****	n. a.	+10 cm (Spannweite: 0 bis +20 cm)	+25 cm (Spannweite: +15 bis +35 cm)
Windrichtung (prozentualer Anteil der acht Windrichtungs-klassen)**	Messwerte n. a. (C20-Modellläufe: vorwiegend aus SW und W mit ca. 20% sowie NW mit ca. 15%; O, SO und S ca. 10%; N und NO ca. 5%)	Zunahme zwischen 5 und 10% für N, SW, W und NW; Abnahme zwischen 5 und 15% für NO, O, SO und S	Zunahme zwischen 5 und 10% für SW, W und NW; Abnahme zwischen 5 und 15% für NO, O, SO und S; für N nahezu unverändert
windstille Tage (Windgeschwindigkeit $\leq 3,3$ m/s)	ca. 0,9 Tage (gemittelt für die MPR HB-OL), Nordsee: 0,07 Tage, Brhv: 0,5 Tage, Bremen: 2,1 Tage	-1,3 Tage (Spannweite****: -0,2 bis +0,8 Tage)	-2,3 Tage (Spannweite****: -0,8 bis +0,7 Tage)

*: Wert entstammt nicht den ,nordwest2050'-Klimaszenarien, sondern dem Norddeutschen Klimaatlas (Meinke & Gerstner 2009: <http://www.norddeutscher-klimaatlas.de>);

** : keine emissionsbedingten Spannweiten vorhanden;

***: heute = 1961-1990; Szenario 2050 = 2021-2050; Szenario 2085 = nur qualitativ;

****: nicht aus den regionalen Klimamodellen berechnet, sondern auf Basis anderer Berechnungen und Quellen abgeschätzt;

*****: Spannweitenangaben beziehen sich auf die Referenzperiode 1961-1990; die A1B-Mittelwerte können daher außerhalb der Spannweiten liegen.

Basis der in Tabelle 19 dargestellten Werte der Klimaparameter für das A1B-Emissionsszenario der ,nordwest2050'-Klimaszenarien sind folgende Datensätze (mit entsprechender Zitierungsvorschrift):

- **CLM_C20_1_D3** (Lautenschlager, Michael; Keuler, Klaus; Wunram, Claudia; Keup-Thiel, Elke; Schubert, Martina; Will, Andreas; Rockel, Burkhardt; Boehm, Uwe (2009): Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th Century run no.1, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate. doi:DOI:10.1594/WDCC/CLM_C20_1_D3; s. u. http://dx.doi.org/DOI:10.1594/WDCC/CLM_C20_1_D3)
- **CLM_A1B_1_D3** (Lautenschlager, Michael; Keuler, Klaus; Wunram, Claudia; Keup-Thiel, Elke; Schubert, Martina; Will, Andreas; Rockel, Burkhardt; Boehm, Uwe (2009): Climate Simulation with CLM, Scenario A1B run no.1, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate. doi:DOI:10.1594/WDCC/CLM_A1B_1_D3; s. u. http://dx.doi.org/DOI:10.1594/WDCC/CLM_A1B_1_D3)
- **REMO_UBA_C20_D3** (Jacob; Mahrenholz, 2006: REMO CLIMATE OF THE 20th CENTURY RUN, UBA PROJECT, DATASTREAM 3. World Data Center for Climate. CERA-DB "REMO_UBA_C20_D3"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=REMO_UBA_C20_D3)
- **REMO_UBA_A1B_D3** (Jacob; Mahrenholz, 2006: REMO A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, DATASTREAM 3. World Data Center for Climate. CERA-DB "REMO_UBA_A1B_D3"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=REMO_UBA_A1B_D3)
- **WR_20C_1961_1970** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG 20C CONTROL RUN, UBA PROJECT, 1961-1970. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_20C_1961_1970"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_20C_1961_1970)

- **WR_20C_1971_1980** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG 20C CONTROL RUN, UBA PROJECT, 1971-1980. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_20C_1971_1980"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_20C_1971_1980)
- **WR_20C_1981_1990** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG 20C CONTROL RUN, UBA PROJECT, 1981-1990. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_20C_1981_1990"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_20C_1981_1990)
- **WR_20C_1991_2000** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG 20C CONTROL RUN, UBA PROJECT, 1991-2000. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_20C_1991_2000"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_20C_1991_2000)
- **WR_A1B_2001_2010** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2001-2010. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2001_2010"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2001_2010)
- **WR_A1B_2011_2020** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2011-2020. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2011_2020"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2011_2020)
- **WR_A1B_2021_2030** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2021-2030. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2021_2030"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2021_2030)
- **WR_A1B_2031_2040** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2031-2040. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2031_2040"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2031_2040)
- **WR_A1B_2041_2050** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2041-2050. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2041_2050"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2041_2050)
- **WR_A1B_2051_2060** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2051-2060. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2051_2060"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2051_2060)
- **WR_A1B_2061_2070** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2061-2070. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2061_2070"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2061_2070)
- **WR_A1B_2071_2080** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2071-2080. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2071_2080"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2071_2080)
- **WR_A1B_2081_2090** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2081-2090. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2081_2090"; s. u. http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2081_2090)
- **WR_A1B_2091_2100** (Enke; Kreienkamp, 2006: WETTREG A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, 2091-2100. World Data Center for Climate. CERA-DB "WR_A1B_2091_2100" http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=WR_A1B_2091_2100)

Diese Datensätze wurden vom Climate Service Center (CSC: <http://www.climate-service-center.de>) für die weitere Auswertung zur Verfügung gestellt. Für einige Parameter sind die Rohdaten in Absprache mit ‚nordwest2050‘ vom CSC aufbereitet worden. Die Spannweitenangaben für die einzelnen Klimaparameter sind dem Norddeutschen Klimaatlas (Meinke & Gerstner 2009: <http://www.norddeutscher-klimaatlas.de>) entnommen. Messdaten für die Referenzperiode stammen vom Deutschen Wetterdienst (DWD, Referat Vertriebsleitung-Datenservice, Geschäftsbereich Klima und Umwelt: <http://www.dwd.de/>). Das Vorgehen für die Klimaszenarienerstellung ist in Schuchardt et al. (2010a) dargestellt.

Berechnungen des Clusters Energiewirtschaft

Im Folgenden werden die Berechnungen der für die regionale Energieversorgung relevanten Klimaparametern durch das Cluster Energiewirtschaft (s. Wachsmuth et al. 2011) dargestellt: Anzahl der **Heizgradtage** (s. Abbildung 23), der **Kühlgradtage** (s. Abbildung 24) für die Bestimmung der zum Heizen und Kühlen nötigen Energiebedarfe sowie **Hitzeperioden** als relevanter Parameter für den Betrieb von thermischen Kraftwerken, die Spitzenbedarfe von Kühlanlagen und die Verbreitung von privaten Klimaanlageanlagen (s. Abbildung 25), **saisonale Windgeschwindigkeiten und Bedeckungsgrade** (s. Tabelle 21 und Tabelle 22).

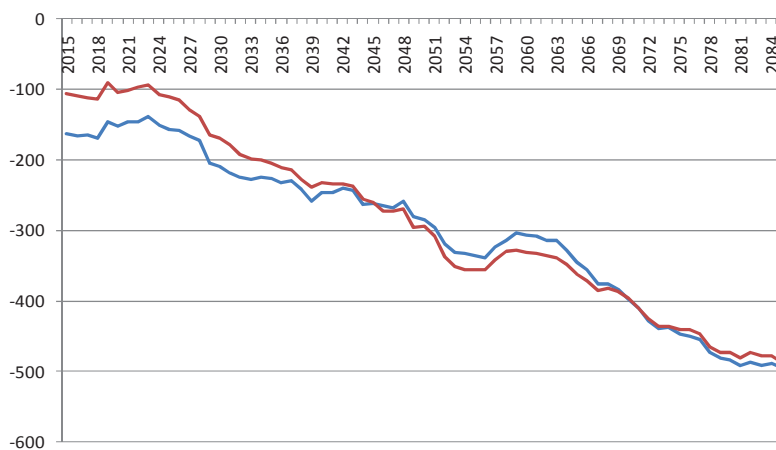


Abbildung 23: Änderung der Heizgradtage (gleitendes 30jähriges Mittel, Referenztemperatur 15°C) im CLM Modell (rot) und im REMO Modell (blau) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000⁵² (s. Wachsmuth et al. 2011)

⁵² Für die Referenzperiode ergibt sich ein Wert von ca. 3800 Heizgradtagen (CLM).

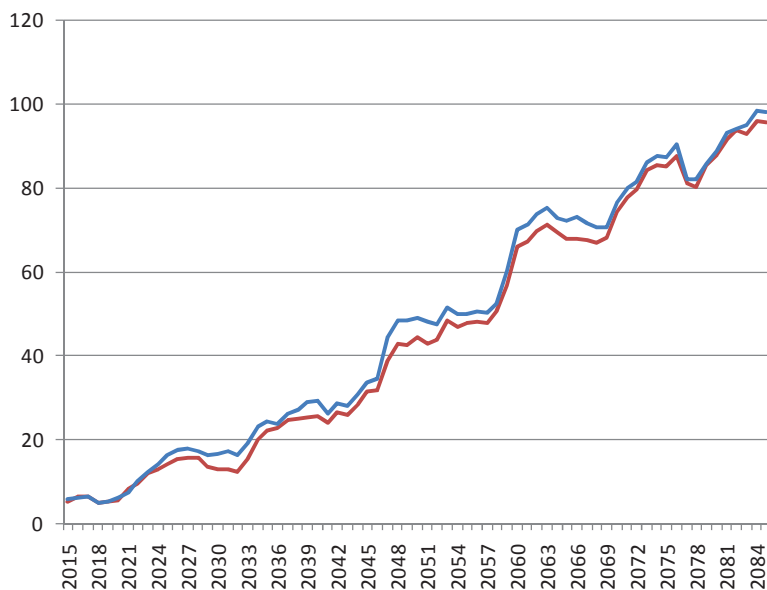


Abbildung 24: Änderung der Kühlgradtage (gleitendes 30jähriges Mittel, Referenztemperatur 18°C) im CLM Modell (rot) und im REMO Modell (blau) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000⁵³ (s. Wachsmuth et al. 2011)

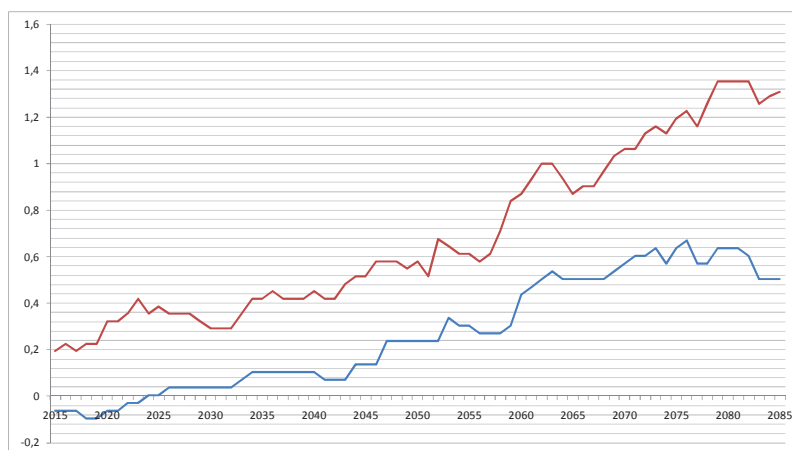


Abbildung 25: Entwicklung der Anzahl der Hitzeperioden pro Jahr (gleitendes 30jähriges Mittel, Definition: 5 aufeinander folgende Tage mit Tagesmaximaltemperaturen über 25°C, davon mindestens 3 mit mehr als 30°C). Dargestellt ist die Änderung im regionalen Klimamodell CLM (rot) und REMO (blau) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 (s. Wachsmuth et al. 2011).

Die Anzahl der Hitzeperioden steigt dabei im CLM-Modell von ca. 0,26 pro Jahr (also im Mittel etwa eine Hitzewelle alle vier Jahre) bis auf 0,8 Hitzeperioden pro Jahr in der Periode 2035-2065 (also etwa 4 Hitzepereoden in 5 Jahren) und auf 1,65 Hitzeperioden pro Jahr in der Periode 2071-2100. Die Länge der Hitzeperioden nimmt dabei zunächst zu, und gegen Ende des Betrachtungszeitraums wieder ab (vergleiche die folgende Tabelle).

⁵³ Für die Referenzperiode ergibt sich ein Wert von 23,3 (REMO), bzw. 29,2 (CLM) Kühlgradtagen. Die Anzahl der Kühlgradtage steht in direktem Zusammenhang mit dem Kühlbedarf in einer Region (z.B. Kühlhäuser, klimatisierte Büros, etc.) und dem Grad mit dem private Haushalte mit Klimageräten ausgestattet sind (vgl. die Situation in Kanada: <http://oe.nrcan.gc.ca/publications/statistics/sheu-summary07/air-conditioning.cfm?attr=0>).

Tabelle 20: Auswertung der Hitzeperioden für ausgesuchte Klimaperioden, sowie durchschnittliche Länge und Tageshöchsttemperatur der jeweiligen Hitzeperioden (s. Wachsmuth et al. 2011)

Modell (Periode)	Anzahl/Jahr	Länge (d)	Temperatur (°C)
CLM 1985 (1971-2000)	0,26	7,0	30,4
CLM 2050 (2036-2065)	0,81	9,5	30,9
CLM 2085 (2071-2100)	1,65	7,9	31,4
REMO 1985 (1971-2000)	0,13	8,4	29,6
REMO 2050 (2036-2065)	0,38	7,9	30,2
REMO 2085 (2071-2100)	0,61	7,4	30,2
Änderung			
CLM 2050	+0,55	+2,5	+0,5
CLM 2085	+1,39	+0,9	+1,0
REMO 2050	+0,25	-0,5	+0,6
REMO 2085	+0,48	-1,0	+0,6

Die durchschnittliche Tageshöchsttemperatur während der Hitzeperioden nimmt im CLM Modell hingegen kontinuierlich zu. Im REMO Modell ist ab 2024 ebenfalls eine deutliche Zunahme an Hitzeperioden zu erkennen, allerdings nicht so ausgeprägt wie im CLM Modell. Das Änderungssignal fällt mit +0,25 Hitzeperioden bis 2050 und +0,48 Hitzeperioden bis 2085 zwar immer noch positiv, aber deutlich schwächer aus. Ohne eine Auswertung der Beobachtungsdaten (DWD Stationen) für den Referenzzeitraum 1971-2000 im Rahmen einer Bias-Prüfung können wir hier keine Aussagen darüber machen, welches Modell die Gegenwart in Bezug auf Hitzeperioden besser beschreibt. Die Zunahme an Hitzeperioden ist jedoch auch im schwächer ausgeprägten REMO-Modell noch relevant für den Betrieb von Kraftwerken.

Tabelle 21: Veränderung der mittleren Windgeschwindigkeit in der Metropolregion nach Jahreszeiten und Standort (s. Wachsmuth et al. 2011)

mittlere Windgeschwindigkeit	Klimamodell	Winter (DJF)	Frühling (MAM)	Sommer (JJA)	Herbst (SON)
2050 Küste	CLM	+0,9 m/s	+0,2 m/s	-0,7 m/s	+0,4 m/s
	REMO	+0,1 m/s	+0,2 m/s	+0,1 m/s	+0,2 m/s
2050 Binnenland	CLM	+0,6 m/s	+0,2 m/s	-0,5 m/s	+0,1 m/s
	REMO	+0,1 m/s	+0,2 m/s	+0,0 m/s	+0,1 m/s
2085 Küste	CLM	+1,2 m/s	+0,1 m/s	-0,7 m/s	+0,4 m/s
	REMO	+0,3 m/s	+0,1 m/s	+0,0 m/s	+0,2 m/s
2085 Binnenland	CLM	+0,9 m/s	+0,1 m/s	-0,5 m/s	+0,0 m/s
	REMO	+0,4 m/s	+0,1 m/s	-0,1 m/s	+0,1 m/s

Tabelle 22: Veränderung des Bedeckungsgrads in der Metropolregion nach Jahreszeiten und Standort (s. Wachsmuth et al. 2011)

Bedeckungsgrad	Klimamodell	Winter (DJF)	Frühling (MAM)	Sommer (JJA)	Herbst (SON)
2050 Küste	CLM	-0,8%	+3,0%	-2,2%	+1,6%
	REMO	-1,9%	+1,2%	-0,4%	+2,0%
2050 Binnenland	CLM	-1,1%	+2,7%	-2,6%	+0,7%
	REMO	-1,9%	+1,1%	-0,5%	+2,1%
2085 Küste	CLM	+2,4%	+4,4%	-4,2%	-0,2%
	REMO	+0,6%	+1,0%	+0,6%	+1,8%
2085 Binnenland	CLM	+2,1%	+4,1%	-5,2%	-1,3%
	REMO	-0,1%	+0,9%	-0,2%	+1,2%

Während sich die Jahresmittel der mittleren Windgeschwindigkeit und des Bedeckungsgrades kaum verändern, zeigen sich saisonal relevante Veränderungen. So ist einerseits die leichte Zunahme der mittleren Windgeschwindigkeiten vor allem auf die Wintermonate zurückzuführen. Andererseits ergibt sich der im Mittel nahezu konstante Bedeckungsgrad aus einer Zunahme der Bedeckung vor allem im Frühling, langfristig auch im Winter, und einer Abnahme vor allem im Sommer aber auch im Herbst (s. Tabelle 21 und Tabelle 22).

9.2 Adressen

Dipl.-Oec. Marion Akamp

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
 Department für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Institut für Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftspädagogik, Produktion und Umwelt
 Uhlhornsweg 49-55
 26111 Oldenburg
 Tel.: 0441-798-4179
 Fax: 0441-798-4193
 E-Mail: marion.akamp@uni-oldenburg.de

Dipl.-Landschaftsarchitekt Frank Bachmann

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR
 Reeder-Bischoff-Straße 54
 28757 Bremen
 Tel.: 0421-6392798-12
 Fax: 0421-6207109
 E-Mail: bachmann@bioconsult.de

Dipl.-Oec. Marina Beermann

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
 CENTOS: Oldenburg Center for Sustainable Economics and Management
 Fakultät II - Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
 Department Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
 Institut für Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftspädagogik
 Postfach 2503
 26111 Oldenburg
 Tel.: 0441-798-4968
 Fax: 0441-798-4193
 E-Mail: marina.beermann@uni-oldenburg.de

Dipl.-Geograf Tim Bildstein

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR
Reeder-Bischoff-Straße 54
28757 Bremen
Tel.: 0421-6392798-10
Fax: 0421-6207109
E-Mail: bildstein@bioconsult.de

Karin Fischer M. A.

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-61811
Fax: 0421-218-4449
E-Mail: fischerk@uni-bremen.de

Prof. Dr. Michael Flitner

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-61844
Fax: 0421-218-98-61844
E-Mail: flitner@uni-bremen.de

Dr. Heiko Garrelts

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218- 61845
Fax: 0421-218-98-61845
E-Mail: garrelts@artec.uni-bremen.de

Prof. Dr. Arnim von Gleich

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
FB 4 Produktionstechnik
FG Technikgestaltung und Technologieentwicklung
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-64880
Fax: 0421-218-9864880
E-Mail: gleich@uni-bremen.de

Dr. Stefan Gößling-Reisemann

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
FB 4 Produktionstechnik
FG Technikgestaltung und Technologieentwicklung
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-64884
Fax: 0421-218-98-64884
E-Mail: sgr@uni-bremen.de

Kevin Grecksch M. A.

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
CENTOS: Oldenburg Center for Sustainable Economics and Management
Fakultät II, BWL
Ökologische Ökonomie
26111 Oldenburg
Tel.: 0441-798-4088
Fax: 0441-798-4379
E-Mail: kevin.grecksch@uni-oldenburg.de

Dr. Torsten Grothmann

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
CENTOS: Oldenburg Center for Sustainable Economics and Management
Fakultät II - BWL
Ökologische Ökonomie
Postfach 2503
26111 Oldenburg
Tel.: 0441-798-4384
E-Mail: torsten.grothmann@uni-oldenburg.de

Potsdam-Institute für Klimafolgenforschung
Postfach 601203
14412 Potsdam
Pappelallee 20
14437 Potsdam
Tel.: 030-700-86-462 (Büro Berlin)
Tel.: 0331-288-2536 (Büro Potsdam)
E-Mail: grothmann@pik-potsdam.de

Hanna Krapf M. A.

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-61811
Fax: 0421-218-4449
E-Mail: krapf@uni-bremen.de

Dipl.-Ing. Birgitt Lutz-Kunisch

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
FB 4 Produktionstechnik, FG Technikgestaltung und Technologieentwicklung
Badgasteiner Str. 1
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-64784
Fax: 0421-218-7503
E-Mail: blutz@uni-bremen.de

Christine Mänz M. A.

Hochschule Bremen
Fakultät 3 Gesellschaftswissenschaften
Neustadtswall 30
28199 Bremen
E-Mail: christine.maenz@gmx.de

Dr. Anna Meincke

Hochschule Bremen
Fakultät 3 Gesellschaftswissenschaften
Neustadtswall 30
28199 Bremen
Tel.: 0421-5905-3764
Fax: 0421-5905-3174
E-Mail: anna.meincke@hs-bremen.de

Dr. Michael Mesterharm

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Department für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Institut für Betriebswirtschaftslehre
und Wirtschaftspädagogik, Produktion und Umwelt
Uhlhornsweg 49-55
26111 Oldenburg
Tel.: 0441-798-4187
Fax: 0441-798-4193
E-Mail: michael.mesterharm@uni-oldenburg.de

Dr. Joachim Nibbe

Hochschule Bremen
Sustainability Center Bremen (SCB): econtur gGmbH
Jakobistr. 20
28195 Bremen
Tel.: 0421-23001117
E-Mail: nibbe@t-online.de

Prof. Dr. Winfried Osthorst

Hochschule Bremen
Fakultät 3 Gesellschaftswissenschaften
Neustadtswall 30
28199 Bremen
Tel.: 0421-5905-2592
Fax: 0421-5905-3174
E-Mail: winfried.osthorst@hs-bremen.de

Prof. Dr. Reinhard Pfriem

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
CENTOS: Oldenburg Center for Sustainable Economics and Management
Fakultät II - Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
Department Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
Institut für Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftspädagogik
Postfach 2503
26111 Oldenburg
Uhlhornsweg 49-55
26111 Oldenburg
Tel.: 0441-798-4182
Fax: 0441-798-4193
E-Mail: reinhard.pfriem@uni-oldenburg.de

Dipl. Oec. Hedda Schattke

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
CENTOS: Oldenburg Center for Sustainable Economics and Management
Institut für Betriebswirtschaftslehre, Unternehmensführung und Betriebliche Umweltpolitik
Ammerländer Heerstr. 114-118
26111 Oldenburg
Tel.: 0441-798-4173
Fax: 0441-798-4193
E-Mail: hedda.schattke@uni-oldenburg.de

apl. Prof. Dr. Ulrich Scheele

ARSU – Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH
Escherweg 1
26121 Oldenburg
Tel.: 0441-97174-96
E-Mail: scheele@arsu.de

Dr. Bastian Schuchardt

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR
Reeder-Bischoff-Straße 54
28757 Bremen
Tel.: 0421-6392798-11
Fax: 0421-6207109
E-Mail: schuchardt@bioconsult.de

Prof. Dr. Bernd Siebenhüner

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
CENTOS: Oldenburg Center for Sustainable Economics and Management
Fakultät II - BWL
Ökologische Ökonomie
Postfach 2503
26111 Oldenburg
Gebäude A5, Raum 0-029
Tel.: 0441-798-4366
Fax: 0441-798-4379
E-Mail: bernd.siebenhuener@uni-oldenburg.de

Dipl.-Ing. Jan Spiekermann

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
AG Raumplanung
Ammerländer Heerstraße 114-118
26129 Oldenburg
Tel: 0441-7982976
E-Mail: jan.spiekermann@uni-oldenburg.de

Dipl.-Ing. Sönke Stührmann

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
FB 4 Produktionstechnik, FG Technikgestaltung und Technologieentwicklung
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-64886
Fax: 0421-218-98-64886
E-Mail: soenke.stuehrmann@uni-bremen.de

Dr. Jakob Wachsmuth

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
FB 4 Produktionstechnik, FG Technikgestaltung und Technologieentwicklung
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-64889
Fax: 0421-218-7503
E-Mail: wachsmuth@uni-bremen.de

Dr. Diana Wehlau

Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-361-6058
E-Mail: diana.wehlau@umwelt.bremen.de

Prof. Dr. Ines Weller

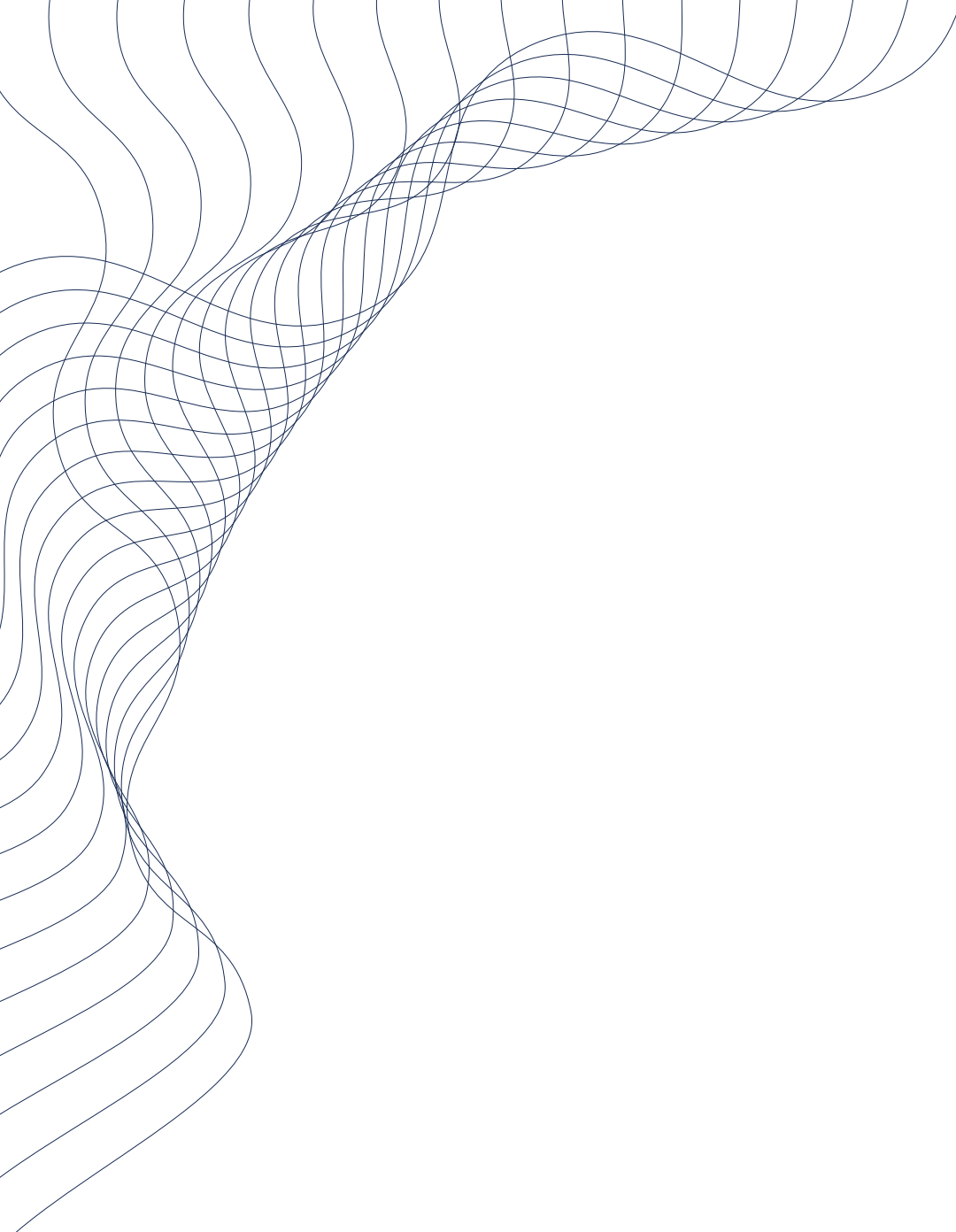
Universität Bremen
artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
28359 Bremen
Tel.: 0421-218-61820
Fax: 0421-218-98-61820
E-Mail: weller@uni-bremen.de

Maik Winges M. A.

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
CENTOS: Oldenburg Center for Sustainable Economics and Management
Fakultät II, BWL
Ökologische Ökonomie
26111 Oldenburg
Tel.: 0441-798-4371
Fax: 0441-798-4379
E-Mail: maik.winges@uni-oldenburg.de

Dipl.-Biol. Stefan Wittig

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR
Auf der Muggenburg 30
Überseestadt
28217 Bremen
Tel.: 0421-694981-28
Fax: 0421-69498260
E-Mail: wittig@bioconsult.de



ISSN 2191-3218

Diese Publikation ist im Internet als pdf-Datei abrufbar unter www.nordwest2050.de.

