



Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW

Teil 3 - Biomasse-Energie

LANUV-Fachbericht 40



Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW

Teil 3 - Biomasse-Energie

LANUV-Fachbericht 40

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Recklinghausen 2014

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
	Der Teil 3 des Fachberichtes 40 entspricht im Wesentlichen dem Abschlussbericht einer Studie, die im Auftrag des LANUV erstellt wurde.
Bearbeitung	Dr. Markus Hiebel (Projektleiter), Boris Dresen (stellv. Projektleiter), Dr. Asja Mrotzek, Michael Jandewerth Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Osterfelder Straße 3, 46047 Oberhausen Katja Hünecke, Dr. Klaus Hennenberg Öko-Institut e.V., Rheinstraße 95, 64295 Darmstadt
Projektbetreuung/Redaktion	Christina Seidenstücker, Ellen Grothues, Dr. Barbara Köllner (LANUV)
Topografische Karten/Luftbilder	Geobasisdaten des Landes NRW © Geobasis NRW
Fotos	Windenergie, Solarenergie, Bioenergie, Geothermie, Wasserkraft von links: ©Panthermedia (T. Knauer, J. Schmalenberger, D. Grasse), L. Thien (EnergieAgentur.NRW), B. Mehlig (LANUV)
ISSN	1864-3930 LANUV-Fachberichte
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext Tafeln 177 bis 179
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst): Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Vorwort

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

Die Energiewende ist in vollem Gange. Bis zum Erreichen der politischen Ziele im Bereich der erneuerbaren Energien ist aber noch ein weiter Weg zu gehen. Wichtig ist es, eine ausgewogene Mischung zu finden und dabei die Belange des Umwelt- und Naturschutzes zu berücksichtigen.

Die „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW“ hat das Ziel, Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen erneuerbaren Energien in Nordrhein-Westfalen aufzuzeigen. Durch die Ergebnisse der ersten beiden Teile Wind- und Solarenergie haben wir bereits wertvolle Informationen für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien in NRW gewinnen können. Mit der vorliegenden Studie Bioenergie konnte nun der dritte Teil der Fachberichtsreihe abgeschlossen werden.

Die Bioenergie bietet den Vorteil, sowohl Strom als auch Wärme liefern zu können. Zudem kann sie bei Bedarf gespeichert werden und damit zur Versorgungssicherheit an wind- und sonnenschwachen Tagen beitragen.

Die vorliegende Studie beschreibt die Potenziale aus der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft und der Abfallwirtschaft in verschiedenen Szenarien. Die Ergebnisse zeigen, dass in NRW die Biomasse schon heute einen bedeutenden Anteil zur Energieversorgung Nordrhein-Westfalens beiträgt und der überwiegende Teil der Potenziale bereits genutzt wird. Trotzdem bestehen noch Ausbaupotenziale, die unter nachhaltigen und naturverträglichen Bedingungen erschlossen werden können. Diese Leitlinien eines nachhaltigen und naturverträglichen Ausbaus der energetischen Biomassenutzung in NRW soll die neue Biomassestrategie NRW formulieren, die auf Basis der vorliegenden Studienergebnisse entwickelt werden soll.

Zusammen mit den ersten beiden Teilen Wind- und Solarenergie bietet der vorliegende Fachbericht eine Reihe wichtiger Erkenntnisse für zukünftige Weichenstellungen im Ausbau der erneuerbaren Energien. Das Bild der Möglichkeiten und Grenzen in NRW wird damit weiter vervollständigt. Der Öffentlichkeit werden die Ergebnisse im Fachinformationssystem Energieatlas NRW (www.energieatlasnrw.de) zur Verfügung gestellt.

Ich wünsche eine informative Lektüre,

Ihr



Dr. Thomas Delschen
Präsident des Landesamtes für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	9
Tabellen Anhang II	16
Abbildungsverzeichnis	17
Abkürzungsverzeichnis	22
Glossar	26
Zusammenfassung	29
1 Einleitung	32
1.1 Ziel der Biomassepotenzialstudie NRW	32
2 Rahmenbedingungen und Definitionen	34
2.1 NRW in Zahlen	34
2.1.1 Bevölkerungsentwicklung	34
2.1.2 Hintergrundinformationen zur Landwirtschaft	34
2.1.3 Hintergrundinformationen zur Forstwirtschaft	35
2.1.4 Hintergrundinformationen zur Abfallwirtschaft	36
2.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen	37
2.2.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz	38
2.2.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen mit Nachhaltigkeitsbezug	38
2.2.2.1 Nachhaltigkeitsanforderungen an die Landwirtschaft	39
2.2.2.2 Nachhaltigkeitsanforderungen an die Forstwirtschaft	40
2.2.2.3 Schutzgebietskulisse	40
2.2.2.4 Nachhaltigkeitsanforderungen an die Bioenergie	42
2.2.3 Gesetzliche Regelungen in der Abfallwirtschaft	44
2.3 Allgemeine Potenzialdefinition	44
2.4 Biomassepotenzialberechnung und -darstellung	46
2.5 Projektarbeitsgruppe und Fachgespräche	47
2.6 Nutzungskonkurrenzen	48
3 Landwirtschaft	49
3.1 Situationsanalyse Landwirtschaft	49
3.1.1 Biogasanlagen	49
3.1.2 Substrateinsatz Biogasanlagen	50
3.1.3 Aktuelle Strom- und Wärmeproduktion aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen	53
3.2 Methodik Potenzialberechnung Landwirtschaft	55

3.2.1	Berechnungsgrundlagen Anbaubiomasse für die Biogaserzeugung	55
3.2.1.1	Potenzialbegriff Anbaubiomasse	57
3.2.1.2	Technisches Potenzial Anbaubiomasse	58
3.2.1.3	Machbares Potenzial Anbaubiomasse	60
3.2.2	Berechnungsgrundlagen Wirtschaftsdünger für die Biogaserzeugung	65
3.2.2.1	Potenzialbegriff Wirtschaftsdünger	68
3.2.2.2	Technisches Potenzial Wirtschaftsdünger	68
3.2.2.3	Machbares Potenzial Wirtschaftsdünger	69
3.2.3	Berechnungsgrundlagen Erntenebenprodukte	69
3.2.3.1	Potenzialbegriff Erntenebenprodukte	72
3.3	Ergebnisse Biomassepotenziale Landwirtschaft	74
3.3.1	Ergebnisse Anbaubiomasse	74
3.3.1.1	Technisches Potenzial Ackerland	74
3.3.1.2	Machbare Ausbaupotenziale Ackerland	75
3.3.1.3	Technisches Potenzial Grünland	80
3.3.1.4	Machbare Ausbaupotenziale Grünland	81
3.3.1.5	Zusammenfassung Potenziale Anbaubiomasse	85
3.3.2	Wirtschaftsdünger	88
3.3.2.1	Technisches Potenzial Wirtschaftsdünger	88
3.3.2.2	Machbares Potenzial Wirtschaftsdünger	89
3.3.3	Erntenebenprodukte	91
3.3.3.1	Technisches Potenzial Erntenebenprodukte	91
3.3.3.2	Machbares Potenzial Erntenebenprodukte	93
3.3.4	Gesamt Betrachtung der landwirtschaftlichen Biomassen	99
3.3.4.1	Technisches Potenzial Landwirtschaft	99
3.3.4.2	Machbares Ausbaupotenzial Landwirtschaft	100
3.4	Zusammenfassung und Fazit Landwirtschaft auf Landesebene	103
3.5	Nutzungskonkurrenzen in der Landwirtschaft	107
4	Forstwirtschaft	108
4.1	Situationsanalyse Forstwirtschaft	108
4.1.1	Energieholznutzung in privaten Haushalten	109
4.1.2	Kleine und mittlere Biomassefeuerungsanlagen	112
4.1.3	Biomasse-Großfeuerungsanlagen (Heizwerke/Heizkraftwerke)	113
4.1.4	Sägenebenprodukte, Industrierestholz und Holzpellets	114
4.1.5	Zusammenfassung: Aktuelle Strom- und Wärmeproduktion aus forstwirtschaftlichen Energieholzsortimenten	115
4.2	Methodik Potenzialberechnung Forstwirtschaft	115
4.2.1	Datenquellen Forstwirtschaft	116
4.2.2	Potenzialberechnung Forstwirtschaft	116
4.2.3	Potenzialbegriff Waldholz	118
4.2.3.1	Technisches Potenzial Waldholz	118
4.2.3.2	Machbares Potenzial Waldholz	119
4.2.4	Sägenebenprodukte, Industrierestholz und Holzpellets	121
4.2.5	Kurzumtriebsplantagen	121
4.3	Ergebnisse Biomassepotenziale Forstwirtschaft	122
4.3.1	Technisches Potenzial Waldholz	122

4.3.2	Machbares Potenzial Waldholz	124
4.4	Zusammenfassung und Fazit Forstwirtschaft	129
4.5	Nutzungskonkurrenzen in der Forstwirtschaft	132
5	Abfallwirtschaft	133
5.1	Situationsanalyse Abfallwirtschaft	133
5.1.1	Altholz	134
5.1.1.1	Mengenströme und Verwertungswege Altholz	134
5.1.1.2	Mechanische Anlagen zur Altholzbehandlung	136
5.1.1.3	Altholzverbrennungsanlagen	136
5.1.2	Klärschlamm	139
5.1.2.1	Kläranlagen	139
5.1.2.2	Klärschlammverbrennungsanlagen	141
5.1.3	Deponiegas	143
5.1.4	Bio- und Grünabfälle	146
5.1.4.1	Mengenströme und Verwertungswege Bio- und Grünabfälle	146
5.1.4.2	Bestehende Kompostierungs- und Vergärungsanlagen	149
5.1.5	Hausmüll / hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll	149
5.1.5.1	Mengenströme und Entsorgungswege	149
5.1.5.2	Mechanisch-biologische Behandlungsanlagen (MBA)	151
5.1.5.3	Müllverbrennungsanlagen und EBS-Kraftwerke	151
5.1.6	Tierische Nebenprodukte und Speisereste	152
5.1.7	Holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial	153
5.2	Methodik Potenzialberechnung Abfallwirtschaft	153
5.2.1	Altholz	153
5.2.2	Klärschlamm	154
5.2.2.1	Kläranlagen	154
5.2.2.2	Klärschlammverbrennungsanlagen	155
5.2.3	Deponiegas	157
5.2.4	Bio- und Grünabfälle	158
5.2.5	Hausmüll/hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll	161
5.2.6	Tierische Nebenprodukte und Speisereste	162
5.2.7	Holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial	162
5.3	Ergebnisse Biomassepotenziale Abfallwirtschaft	166
5.3.1	Altholz	166
5.3.2	Klärschlamm	171
5.3.2.1	Kläranlagen	171
5.3.2.2	Klärschlammverbrennung	172
5.3.3	Deponiegas	177
5.3.4	Bio- und Grünabfälle	177
5.3.5	Hausmüll/hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll	181
5.3.6	Tierische Nebenprodukte und Speisereste	186
5.3.7	Holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial	186
5.4	Zusammenfassung und Fazit Abfallwirtschaft	191
5.5	Nutzungskonkurrenzen in der Abfallwirtschaft	199

6	Machbare Gesamtpotenziale für Land-, Forst- und Abfallwirtschaft	200
6.1	Regionale Verteilung der machbaren Gesamtpotenziale Strom	202
6.2	Regionale Verteilung der machbaren Gesamtpotenziale Wärme	204
6.3	Fazit	206
Literatur		209
Anhang I		221
A 1	Nutzungskonkurrenzen in der Landwirtschaft	221
A 2	Beschreibung bestehender Nutzungskonkurrenzen	221
A 2.1	Landverbrauch	221
A 2.2	Ökologischer Landbau	222
A 2.2.1	Selbstversorgungsgrad Lebensmittel	223
A 2.2.2	Selbstversorgungsgrad Futtermittel	224
A 2.2.2.1.	Futtermittelbedarfsberechnung über den Energiewert	225
A 2.2.2.2.	Futtermittelbedarfsberechnung über Getreideeinheiten	226
A 2.2.2.3.	Fazit zur Selbstversorgung mit Futtermitteln	229
A 2.2.3	Belegung der Fläche mit Energiepflanzen	229
A 2.3	Nutzungskonkurrenzen in Beispielkreisen	229
A 2.3.1	Nutzungskonkurrenz in Kreisen mit intensiver Tierhaltung	232
A 2.3.2	Ausweitung von Anbaubiomasse in den Beispielkreisen	236
Anhang II		243

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Strom- und Wärmeproduktion durch bestehende Biomassekonversionsanlagen in NRW	30
Tabelle 2:	Biomasse-Gesamtpotenziale der Land-, Forst- und Abfallwirtschaft	31
Tabelle 3:	Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung des Landes NRW und seiner Planungsregionen vom 31.12.2010 bis 01.01.2030 (IT.NRW 2012a; IT.NRW 2012b)	34
Tabelle 4:	Grundvergütung der Leistungsanteile nach dem EEG 2012 (FNR 2012)	38
Tabelle 5:	Anteile von Ackerland und Grünland in den geschützten Gebieten	42
Tabelle 6:	Flächenbezogene Anforderungen der RED, Bestimmungen zur Nutzung und Ort der Regelung.....	43
Tabelle 7:	Eigenstrom und Eigenwärmeanteile verschiedener Konversionsanlagen, eigene Messungen, Abschätzungen Auftragnehmer, SEV (2006).....	47
Tabelle 8:	Eingesetzte Substrate und Einsatzhäufigkeit in NRW (Datenquelle: LWK)	51
Tabelle 9:	Bereits für die Produktion von Biogassubstraten genutzte Ackerflächen/AF (eigene Berechnung auf Basis von Daten der LWK).....	51
Tabelle 10:	Stand der Strom- und Wärmeerzeugung aus Anbaubiomasse in NRW (eigene Berechnungen auf Basis von Daten der LWK).....	52
Tabelle 11:	Stand der energetischen Nutzung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen (eigene Berechnung auf Basis von Daten der LWK).....	53
Tabelle 12:	Stand der Strom- und Wärmeerzeugung aus Wirtschaftsdüngern in NRW (eigene Berechnung auf Basis von Daten der LWK).....	53
Tabelle 13:	Stand der Strom- und Wärmeerzeugung aus Biogasanlagen in NRW (Stand 1. Juni 2012).....	54
Tabelle 14:	Substratkennwerte Biogaserzeugung (KTBL 2012)	57
Tabelle 15:	Szenarien in der Landwirtschaft für das machbare Potenzial	60
Tabelle 16:	Abbildung von Naturschutzanforderungen in den Szenarien auf Ackerflächen.	63
Tabelle 17:	Abbildung von Naturschutzanforderungen in den Szenarien auf Grünlandflächen	64
Tabelle 18:	Anfall Wirtschaftsdünger in der Tierhaltung (KTBL 2012)	67
Tabelle 19:	Substratkennwerte Biogaserzeugung (KTBL 2012)	67

Tabelle 20:	Weidehaltung in den Regierungsbezirken NRW, Kalenderjahr 2009 (IT.NRW 2010) 69
Tabelle 21:	Durchschnittliches Aufkommen und Nutzung landwirtschaftlicher Erntenebenprodukte der Jahre 1999 bis 2007 in Deutschland (DBFZ 2012b, verändert) 70
Tabelle 22:	Energetisch nutzbarer Getreidestrohanteil am gesamten Getreideaufkommen in Deutschland nach verschiedenen Quellen (IFEU 2008) 71
Tabelle 23:	Ackerfläche und technisches Flächenpotenzial für Anbaubiomasse 74
Tabelle 24:	Technisches Potenzial Strom und Wärme für Anbaubiomasse von Ackerland 75
Tabelle 25:	Ackerfläche und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse im Szenario MAX 75
Tabelle 26:	Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Ackerflächen im Szenario MAX 76
Tabelle 27:	Ackerfläche und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse im Szenario N-RED..... 77
Tabelle 28:	Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Ackerflächen im Szenario N-RED 77
Tabelle 29:	Ackerfläche und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse im Szenario NATUR..... 78
Tabelle 30:	Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Ackerflächen im Szenario NATUR 79
Tabelle 31:	Grünland und technisches Flächenpotenzial für Anbaubiomasse von Grünland..... 80
Tabelle 32:	Technisches Potenzial Strom und Wärme für Anbaubiomasse von Grünland 80
Tabelle 33:	Grünland und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario MAX 81
Tabelle 34:	Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario MAX 81
Tabelle 35:	Grünland und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario N-RED..... 82
Tabelle 36:	Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario N-RED 83
Tabelle 37:	Grünland und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse im Szenario NATUR..... 84

Tabelle 38:	Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario NATUR	84
Tabelle 39:	Flächenpotenziale Anbaubiomasse (Acker- und Grünland) für das technische Potenzial und die Szenarien des machbaren Ausbaupotenzials	86
Tabelle 40:	Strommengen aus Anbaubiomasse (Acker- und Grünland) für das technische Potenzial und die einzelnen Ausbaupotenziale	87
Tabelle 41:	Wärmemengen aus Anbaubiomasse (Acker- und Grünland) für das technische Potenzial und die einzelnen Ausbaupotenziale	87
Tabelle 42:	Statistisch erfasster Tierbestand in NRW und den Planungsregionen (IT.NRW 2010)	88
Tabelle 43:	Technisches Mengenpotenzial Wirtschaftsdünger in NRW und den Planungsregionen	89
Tabelle 44:	Technisches energetisches Potenzial Wirtschaftsdünger in NRW und den Planungsregionen	89
Tabelle 45:	Machbares Mengenpotenzial Wirtschaftsdünger in NRW und den Planungsregionen	90
Tabelle 46:	Machbares energetisches Potenzial Wirtschaftsdünger in NRW und den Planungsregionen	90
Tabelle 47:	Technisches Mengenpotenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen	92
Tabelle 48:	Technisches energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen	92
Tabelle 49:	Reduziertes technisches energetisches Potenzial Erntenebenprodukte für die Ausweisung des technischen Gesamtpotenzials Landwirtschaft in NRW und den Planungsregionen	92
Tabelle 50:	Machbares Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario MAX	93
Tabelle 51:	Machbares energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario MAX	94
Tabelle 52:	Machbares Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario N-RED	95
Tabelle 53:	Machbares energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario N-RED	95

Tabelle 54:	Machbares Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario NATUR	96
Tabelle 55:	Machbares energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario NATUR	97
Tabelle 56:	Machbares Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario NUTZUNG 2010	98
Tabelle 57:	Machbares energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario NUTZUNG 2010	98
Tabelle 58:	Technisches energetisches Potenzial Landwirtschaft für NRW und die Planungsregionen	100
Tabelle 59:	Technisches Potenzial und machbare Ausbaupotenziale Strom für NRW und die Planungsregionen - Landwirtschaft	101
Tabelle 60:	Technisches Potenzial und machbare Ausbaupotenziale Wärme für NRW und die Planungsregionen - Landwirtschaft	102
Tabelle 61:	Übersicht der energetischen Gesamtpotenziale Landwirtschaft in NRW	104
Tabelle 62:	Holzeinschlag in NRW 2010 in EFM o.R. (ohne Rinde) gemäß zentraler Holzmarktstatistik (BMELV 2011a)	109
Tabelle 63:	Verbrauch verschiedener Energieholzsportimente in privaten Haushalten 2010 (Mantau 2012), verändert.....	110
Tabelle 64:	Einsatz von Wald-Scheitholz in privaten Haushalten in NRW pro Jahr	110
Tabelle 65:	Holzverbrauch und Wärmenutzung in privaten Haushalten pro Jahr	111
Tabelle 66:	Wärmenutzung durch Einzelraumfeuerung und Zentralheizung in privaten Haushalten pro Jahr.....	111
Tabelle 67:	Strom- und Wärmeproduktion durch bestehende Konversionsanlagen aus naturbelassenem Holz in NRW (inkl. Importe)	115
Tabelle 68:	Szenarien in der Forstwirtschaft	119
Tabelle 69:	Abbildung von Naturschutzanforderungen auf Forstflächen in den Szenarien	120
Tabelle 70:	Technisches jährliches Potenzial Waldholz für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen	122
Tabelle 71:	Technisches jährliches Gesamtpotenzial Waldholz für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen.....	123

Tabelle 72:	Machbares jährliches Potenzial Waldholz Szenario MAX für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen.....	124
Tabelle 73:	Machbares jährliches Potenzial Waldholz Szenario NATUR I für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen.....	126
Tabelle 74:	Machbares jährliches Potenzial Waldholz Szenario NATUR II für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen.....	127
Tabelle 75:	Gesamtschau der forstwirtschaftlichen jährlichen Gesamtpotenziale aus NRW-eigener Biomasse zur Strom- und Wärmeproduktion in NRW	129
Tabelle 76:	Gesamtschau der forstwirtschaftlichen Potenziale aus NRW-eigener Biomasse zur Stromproduktion in NRW	130
Tabelle 77:	Gesamtschau der forstwirtschaftlichen Potenziale aus NRW-eigener Biomasse zur Wärmeproduktion in NRW	131
Tabelle 78:	Bestand Konversionsanlagen für abfallwirtschaftliche Substrate im Jahr 2010 sowie abgeleitete Strom- und Wärmemengen.....	133
Tabelle 79:	Altholzmengen in den Planungsregionen in NRW im Jahr 2010.....	135
Tabelle 80:	Verwertungswege Altholz über örE erfasst aus Siedlungsabfallbilanz (MKULNV 2011)	136
Tabelle 81:	Gesamtaltholzmengen, Mengen zur energetischen Verwertung, Kapazitäten in der energetischen Verwertung.....	137
Tabelle 82:	Theoretisch erzeugte Strom- und Wärmemengen von Altholzverbrennungsanlagen*	138
Tabelle 83:	Entsorgungswege Klärschlamm pro Jahr (SV = Stoffliche Verwertung)	139
Tabelle 84:	Anlagenbezogene Klärgasmengen nach Planungsregionen	140
Tabelle 85:	Theoretisch erzeugte Strom- und Wärmepotenziale aus Kläranlagen mit Gasnutzung in den Planungsregionen	141
Tabelle 86:	Theoretisch produzierte Strom- bzw. Wärmemengen pro Jahr aus Klärschlammverbrennungsanlagen in den Planungsregionen	142
Tabelle 87:	Stand der Strom- und Wärmeerzeugung aus Deponiegas in NRW im Jahr 2010	146
Tabelle 88:	Beispielrechnung (Szenario 1, PR Münster):	156
Tabelle 89:	Umrechnungsfaktoren Energieerträge Bio- und Grünabfall (Stand der Technik)	158
Tabelle 90:	Clustermittel bzw. Prognose und Zielwerte für Bio- und Grünabfällen.....	159

Tabelle 90:	Durchschnittliche Jahreserträge aus der Landschaftspflege (DBFZ 2011a).....	163
Tabelle 91:	Gesamtstraßennetz NRW (Quelle Straßenlängen: eigene Berechnungen)	164
Tabelle 92:	Umrechnungswerte für Flächen mit Gehölzen der unterschiedlichen Straßentypen	165
Tabelle 93:	Machbare Strom- und Wärmepotenziale aus Altholz	166
Tabelle 94:	Gesamtmenen und Mengen für die energetische Verwertung Altholz im Jahr 2020	168
Tabelle 95:	Machbare Strom- und Wärmepotenziale aus Altholz im Jahr 2020	169
Tabelle 96:	Machbare Strom- und Wärmepotenziale aus Klärgas (Minimal-Szenario)	171
Tabelle 97:	Ausbaupotenziale für Strom und Wärme aus Klärgas im Maximal-Szenario.....	171
Tabelle 98:	Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale aus Klärgas	172
Tabelle 99:	theoretische Strom- und Wärmepotenziale aus der Klärschlammverbrennung.....	172
Tabelle 100:	Zusätzliche Mengen, verfügbare Strom- und Wärmepotenziale aus Klärschlamm (Szenario 1)	173
Tabelle 101:	Zusätzliche Mengen, verfügbare Strom- und Wärmepotenziale aus Klärschlamm (Szenario 2)	173
Tabelle 102:	Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale aus Klärschlammverbrennungsanlagen	174
Tabelle 103:	Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale Kläranlagen gesamt.....	174
Tabelle 104:	Minimale Strom- und Wärmepotenziale Bio- und Grünabfälle	179
Tabelle 105:	Maximales Potenzial „organische Abfälle“ der Zielwerte gemäß Entwurf zum Abfallwirtschaftsplan auf Ebene der Planungsregionen	180
Tabelle 106:	Minimale Potenziale aus biogenem Anteil im Haus- und Sperrmüll sowie hausmüllähnlichem Gewerbeabfall auf Ebene der Planungsregionen	183
Tabelle 107:	Maximale Potenziale aus biogenem Anteil im Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall auf Ebene der Planungsregionen.....	184
Tabelle 108:	Landschaftspflegeflächen und erschließbare Holz- und Halmgutmenen (Grünanlagen und Friedhöfe) bei einem Erschließungsfaktor von 50 %.....	186
Tabelle 109:	Machbare Strom- und Wärmepotenziale aus Landschaftspflegematerialien (Grünanlagen und Friedhöfe) bei einem Erschließungsfaktor von 50 %.....	187

Tabelle 110:	Zusätzlich verfügbare Strom- und Wärmepotenziale aus Landschaftspflegematerialien (Grünanlagen und Friedhöfe) bei einem Erschließungsfaktor von 75 %.....	187
Tabelle 111:	Flächen- und Mengenpotenziale aus den Straßenbegleitflächen	188
Tabelle 112:	Verfügbare Strom- und Wärmepotenziale aus Grünschnitt des Straßenbegleitmaterials	188
Tabelle 113:	Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale aus Landschaftspflegematerialien	189
Tabelle 114:	Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Stoffstrom: Minimale und maximale Strompotenziale	192
Tabelle 115:	Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Stoffstrom: Minimale und maximale Wärmepotenziale	192
Tabelle 116:	Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Planungsregion: Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale	197
Tabelle 117:	Gesamtpotenziale der drei berechneten Sektoren	200

Tabellen Anhang I

Tabelle 118:	Flächenentwicklung von Acker und Grünland zwischen 2001 und 2011 in NRW (IT.NRW 2011).....	222
Tabelle 119:	Übersicht über den ökologischen Landbau in NRW im Jahr 2011 (BMELV 2011b) .	222
Tabelle 120:	Futtermittelimporte in Deutschland 2008/09 (Fritz 2011)	224
Tabelle 121:	Durchschnittliche Verzehrmenge sowie durchschnittlicher Energiegehalt Futtermittel nach Tierarten (KTBL 2010; LfL 2008; LfL 2009)	225
Tabelle 122:	Futtermittelbedarf verschiedener Tiere auf Regierungsbezirksebene; eigene Berechnung auf Basis von KTBL (2010), LfL (2008) und LfL (2009)	226
Tabelle 123:	Theoretischer Futtermittelflächenbedarf – auf Grundlage des Futtermittelbedarfs einzelner Tiere berechnet als Energiewert in Getreide – auf Regierungsbezirksebene; eigene Berechnung auf Basis von KTBL (2010), LfL (2008) und LfL (2009)	226
Tabelle 124:	Getreideeinheiten pro Tier und Jahr (Schulze-Mönking 2010).....	227
Tabelle 125:	Berechnung der Futtermittelproduktion in NRW	228
Tabelle 126:	Standarddeckungsbeiträge unterschiedlicher Feldfrüchte in NRW (KTBL 2012)	230

Tabelle 127:	Mittelwerte landwirtschaftlicher Kennwerte für die identifizierten Ähnlichkeitsgruppen (Cluster); eigene Berechnung auf Basis von Landwirtschaftszählung 2010 (IT.NRW 2010)	231
Tabelle 128:	Fruchtartenverteilung in den Beispielkreisen; eigene Berechnung anhand der Landwirtschaftszählung 2010 (IT.NRW 2010)	238
Tabelle 129:	Tierbestände und Futterproduktionsfläche; eigene Berechnung nach der Landwirtschaftszählung 2010 (IT.NRW 2010)	239

Tabellen Anhang II

Tabelle A1:	Biomassepotenziale Landwirtschaft auf Kreisebene.....	243
Tabelle A2:	Biomassepotenziale Forstwirtschaft auf Kreisebene.....	244
Tabelle A3:	Biomassepotenziale Abfallwirtschaft auf Kreisebene.....	245
Tabelle A4:	Biomassepotenziale Gesamt (Land-, Forst- und Abfallwirtschaft) auf Kreisebene.....	246

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozentuale Verteilung der Anbaufrüchte auf der Gesamtackerfläche (eigene Darstellung auf Basis von IT.NRW 2010)	35
Abbildung 2: Verteilung von Laub-, Nadel- und Mischwaldflächen in NRW	36
Abbildung 3: Hierarchie im Umgang mit anfallenden Abfällen	37
Abbildung 4: Schutzgebiete in NRW	41
Abbildung 5: Überblick der Potenzialbegriffe (dunkelgrün: in der Studie berechnet)	45
Abbildung 6: Biogasanlagenbestand in NRW je Kreis, Datenstand: 1. Juni 2012	50
Abbildung 7: Genutzte Hektar und Substratinput an Nawaro für Biogasanlagen in NRW (eigene Berechnung auf Basis von Daten der LWK)	52
Abbildung 8: Stromproduktion der landwirtschaftlichen Biogasanlagen in NRW je Kreis (Stand 1. Juni 2012)	54
Abbildung 9: Wärmeproduktion der landwirtschaftlichen Biogasanlagen in NRW je Kreis (Stand 1. Juni 2012)	55
Abbildung 10: Berechnungsschema zur Bestimmung der Strom- und Wärmepotenziale über den Technologiepfad Biogas aus Anbaubiomasse	56
Abbildung 11: Potenzialbegriffe Anbaubiomasse	58
Abbildung 12: Exkurs: Nährstoffbilanzen in der Potenzialermittlung	59
Abbildung 13: Stickstoffsalden ohne atmosphärische Deposition in NRW auf Kreisebene	60
Abbildung 14: Rahmenbedingungen der Potenzialberechnungen bezüglich des Umgangs mit Nährstoffen	62
Abbildung 15: Berechnungsschema über den Technologiepfad Biogas aus Wirtschaftsdüngern	66
Abbildung 16: Potenzialbegriffe Wirtschaftsdünger	68
Abbildung 17: Potenzialbegriffe Erntenebenprodukte	72
Abbildung 18: Ausweisung der Erntenebenprodukte im Gesamtpotenzial Landwirtschaft	73
Abbildung 19: Karte der Ausbaupotenziale Ackerland auf Kreisebene – Szenario MAX.....	76
Abbildung 20: Karte der Ausbaupotenziale Ackerland auf Kreisebene – Szenario N-RED	78

Abbildung 21: Karte der Ausbaupotenziale Ackerland auf Kreisebene – Szenario NATUR	79
Abbildung 22: Karte der Ausbaupotenziale Grünland auf Kreisebene – Szenario MAX	82
Abbildung 23: Karte der Ausbaupotenziale Grünland auf Kreisebene – Szenario N-RED	83
Abbildung 24: Karte der Ausbaupotenziale Grünland auf Kreisebene – Szenario NATUR	85
Abbildung 25: Flächenpotenziale der vier Szenarien für Anbaubiomasse (Acker- und Grünland)	86
Abbildung 26: Strompotenziale der vier Szenarien für Anbaubiomasse (Acker- und Grünland)	87
Abbildung 27: Wärmepotenziale der vier Szenarien für Anbaubiomasse (Acker- und Grünland)	88
Abbildung 28: Karte der machbaren Gesamtpotenziale von Wirtschaftsdüngern auf Kreisebene pro Jahr	91
Abbildung 29: Karte der Potenziale von Erntenebenprodukten auf Kreisebene – Szenario MAX	94
Abbildung 30: Karte der Potenziale von Erntenebenprodukten auf Kreisebene pro Jahr – Szenario N-RED	96
Abbildung 31: Karte der Potenziale von Erntenebenprodukten auf Kreisebene pro Jahr – Szenario NATUR.....	97
Abbildung 32: Karte der Potenziale von Erntenebenprodukten auf Kreisebene pro Jahr – Szenario NUTZUNG 2010	99
Abbildung 33: Herkunftsbereiche der technischen Strom- und Wärmepotenziale Landwirtschaft ...	100
Abbildung 34: Machbare Ausbaupotenziale und bereits realisierter Anteil Strom in den Planungsregionen im Sektor Landwirtschaft	101
Abbildung 35: Machbare Ausbaupotenziale und bereits realisierter Anteil Wärme in den Planungsregionen im Sektor Landwirtschaft	103
Abbildung 36: Übersicht zum Gesamtpotenzial Strom pro Jahr und Zusammensetzung der Herkunftsbereiche im Sektor Landwirtschaft	105
Abbildung 37: Übersicht zum Gesamtpotenzial Wärme pro Jahr und Zusammensetzung der Herkunftsbereiche im Sektor Landwirtschaft	106
Abbildung 38: Private Holznutzung über alle Holzsortimente in NRW je Kreis pro Jahr	112
Abbildung 39: Anlagenbestand von Biomasse(heiz)-kraftwerken in NRW (DBFZ 2012a), verändert	113
Abbildung 40: Potenzialbegriffe Waldholz	118

Abbildung 41: Gesamtpotenzial Holzaufkommen pro Jahr in NRW auf Kreisebene.....	123
Abbildung 42: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Strom pro Jahr – Szenario MAX	125
Abbildung 43: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme pro Jahr – Szenario MAX	125
Abbildung 44: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Strom pro Jahr – Szenario NATUR I.....	126
Abbildung 45: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme pro Jahr – Szenario NATUR I.....	127
Abbildung 46: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Strom pro Jahr – Szenario NATUR II.....	128
Abbildung 47: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme pro Jahr – Szenario NATUR II.....	128
Abbildung 48: Gesamtpotenziale Forstwirtschaft Strom pro Jahr in den Planungsregionen	129
Abbildung 49: Gesamtpotenziale Forstwirtschaft Wärme pro Jahr in den Planungsregionen	130
Abbildung 50: Altholzaufkommen pro Jahr für die energetische Verwertung je Kreis.....	138
Abbildung 51: Klärgasaufkommen je Kreis pro Jahr.....	140
Abbildung 52: Jährlich anfallende Klärschlammengen für die thermische Nutzung je Kreis nach ERIKA	143
Abbildung 53: Deponiegasfördermengen in NRW im Jahr 2010.....	144
Abbildung 54: Abschätzung erzeugter Strommengen aus Deponiegas für das Jahr 2010.....	145
Abbildung 55: Abschätzung erzeugter Wärmemengen aus Deponiegas für das Jahr 2010.....	145
Abbildung 56: Biotonnenangebot in NRW im Jahr 2010 (Quelle: MKULNV 2013)	147
Abbildung 57: Mengen getrennt erfasster Bioabfälle in NRW im Jahr 2010 (Quelle: MKULNV 2013)	147
Abbildung 58: Mengen getrennt erfasster Grünabfälle in NRW im Jahr 2010 (Quelle: MKULNV 2013)	148
Abbildung 59: Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll – gesammelte Mengen in 2010	150
Abbildung 60: Minimale Strompotenziale aus Altholz je Kreis pro Jahr	167
Abbildung 61: Minimale Wärmepotenziale aus Altholz je Kreis pro Jahr	168
Abbildung 62: Maximale Strompotenziale Altholz je Kreis pro Jahr	170
Abbildung 63: Maximale Wärmepotenziale Altholz je Kreis pro Jahr	170

Abbildung 64: Minimale Strompotenziale aus Kläranlagen je Kreis pro Jahr	175
Abbildung 65: Minimale Wärmepotenziale aus Kläranlagen je Kreis pro Jahr	175
Abbildung 66: Maximale Strompotenziale aus Kläranlagen je Kreis pro Jahr	176
Abbildung 67: Maximale Wärmepotenziale aus Kläranlagen je Kreis pro Jahr	176
Abbildung 68: Minimale Strompotenziale aus Bio- und Grünabfall je Kreis nach Abfallmengen pro Jahr	178
Abbildung 69: Minimale Wärmepotenziale aus Bio- und Grünabfall je Kreis nach Abfallmengen pro Jahr	179
Abbildung 70: Maximale Strompotenziale aus Bio- und Grünabfall je Kreis auf Basis der Zielwerte gemäß Entwurf zum Abfallwirtschaftsplan.....	180
Abbildung 71: Maximale Wärmepotenziale aus Bio- und Grünabfall je Kreis auf Basis der Zielwerte gemäß Entwurf zum Abfallwirtschaftsplan.....	181
Abbildung 72: Minimalszenario: Strompotenzial aus biogenem Anteil im Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall im Jahr 2010	182
Abbildung 73: Minimal-Szenario: Wärmepotenzial aus biogenem Anteil im Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall im Jahr 2010	183
Abbildung 74: Maximal-Szenario: Strompotenzial Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall.....	185
Abbildung 75: Maximal-Szenario: Wärmepotenzial Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall.....	185
Abbildung 76: Minimal-Szenario: Strompotenziale Landschaftspflegematerial pro Jahr	189
Abbildung 77: Minimal-Szenario: Wärmepotenziale Landschaftspflegematerial pro Jahr	190
Abbildung 78: Maximal-Szenario: Strompotenziale Landschaftspflegematerial pro Jahr	190
Abbildung 79: Maximal-Szenario: Wärmepotenziale Landschaftspflegematerial pro Jahr	191
Abbildung 80: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Stoffströmen: produzierte Strommengen und Ausbaupotenziale	193
Abbildung 81: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Stoffströmen: produzierte Wärmemengen und Ausbaupotenziale.	193
Abbildung 82: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Planungsregionen: Minimale und maximale Strompotenziale pro Jahr.....	198

Abbildung 83: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Planungsregionen: Minimale und maximale Wärmepotenziale pro Jahr.....	198
Abbildung 84: Strom – Gesamtpotenziale sowie Bestand der einzelnen betrachteten Stoffströme.	201
Abbildung 85: Wärme – Gesamtpotenziale sowie Bestand der einzelnen betrachteten Stoffströme. Im Maximal-Szenario und im NRW-Leitszenario ist das Effizienzpotenzial privater Einzelfeuerstätten in der FW eingerechnet.	202
Abbildung 86: Machbare Gesamtpotenziale Strom in den Planungsregionen für die Sektoren Land-, Forst- und Abfallwirtschaft.	203
Abbildung 87: Gesamtpotenzial nach NRW-Leitszenario zur Stromerzeugung auf Kreisebene	204
Abbildung 88: Machbare Gesamtpotenziale Wärme in den Planungsregionen für die Land-, Forst- und Abfallwirtschaft.....	205
Abbildung 89: Gesamtpotenzial nach NRW-Leitszenario zur Wärmeerzeugung auf Kreisebene	206

Abbildungen Anhang I

Abbildung 90: Veränderung der Flächennutzung von 1996 bis 2011 in NRW (LANUV 2012b)	221
Abbildung 91: Selbstversorgungsgrad bei Agrarprodukten in Deutschland in Prozent (DBV 2011)	223
Abbildung 92: Aufkommen und Bedarf an Getreideeinheiten in NRW	228
Abbildung 93: Gruppierung der Kreise in NRW nach landwirtschaftlichen Parametern; die Beispielkreise zur Analyse der Nutzungskonkurrenz sind durch Schraffur hervorgehoben.....	232
Abbildung 94: Ackerland, Dauergrünland und Dauerkulturen in der Region mit intensiver Tierhaltung (1999 - 2010)	233
Abbildung 95: Entwicklung der Anbauflächen für Getreide, Futterpflanzen, Hackfrüchte und Winterraps in der Region mit intensiver Tierhaltung (1999 - 2010).....	234
Abbildung 96: Entwicklung des Tierbesatzes (Rinder und Schweine) in der Region mit intensiver Tierhaltung (1999 - 2010)	235
Abbildung 97: Korrelation zwischen Tierbesatz, installierter Biogasleistung und Pachtpreisen in Kreisen mit intensiver Tierhaltung	235

Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Klärschlammverordnung, Bundesgesetz, zuletzt geändert am 24.02.2012
ABILA	Abfallbilanz für Siedlungsabfälle, Erhebungssystem der kommunalen Siedlungsabfallbilanzen, geführt durch das LANUV
ADDIsweb	Abfalldeponiedaten-Informationssystem zur Deponieselbstüberwachung in NRW, geführt durch das LANUV
AF	Ackerfläche
AGR	Abfallentsorgungsgesellschaft Ruhrgebiet
AIDA	Informationsplattform Abfall in NRW, geführt durch das LANUV
AltholzV	Altholzverordnung, Bundesverordnung, zuletzt geändert am 24.02.2012
ArcGIS	Geoinformationssystem-Software der Firma esri
ASUE	Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.
ATKIS	Amtliches topographisch-kartographisches Informationssystem
atro	absolut trocken
AW	Abfallwirtschaft
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BEE	Bundesverband Erneuerbare Energien e.V.
Biokraft-NachV	Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung, Bundesverordnung
BioSt-NachV	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung, Bundesverordnung
BioSt-NachVwV	Verwaltungsvorschrift für die Anerkennung von Zertifizierungssystemen und Zertifizierungsstellen nach der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung, Bundesverordnung
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BioAbfV	Bioabfallverordnung, Bundesverordnung, zuletzt geändert am 4. April 2013
BKW	Blockkraftwerk
B.KWK	Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V.
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMK	Biomassekraftwerk
BNatSchG	Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz)
BRD	Bundesrepublik Deutschland

BUND	Bund für Umwelt- und Naturschutz e.V.
BVSE	Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.
BWI	Bundeswaldinventur
CAP	Common Agricultural Policy = Gemeinsame Agrarpolitik der EU
CBD	Convention on Biological Diversity = Konvention zur Biologischen Vielfalt
CC	Cross Compliance
CCM	Corn-Cob-Mix
CEN	Comité Européen de Normalisation = Europäisches Komitee für Normung
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DepV	Deponieverordnung, Bundesgesetz, zuletzt geändert am 24.02.2012
DGL-VO NW	Dauergrünlanderhaltungsverordnung Nordrhein-Westfalen
DüV	Düngeverordnung (des Bundes)
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
EBS-Kraftwerk	Ersatzbrennstoff-Kraftwerk
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFM	Erntefestmeter
EG	Europäische Gemeinschaft
el	elektrisch
ENADA	Entsorgung-Anlagen-Datenbank: Fachinformationssystem der Entsorgungsanlagen in NRW beim LANUV
ENP	Erntenebenprodukte
ERIKA	Erhebungssystem über Internet für Kläranlagenabfälle, geführt durch das LANUV
EW	Einwohner
FFH-Gebiet	Fauna-Flora-Habitat-Gebiet
FM	Frischmasse (Landwirtschaft, Abfallwirtschaft)
FSC	Forest Stewardship Council
FW	Forstwirtschaft
HKW	Heizkraftwerk
HW	Heizwerk
ILUC	indirect land use change = indirekte Landnutzungsänderungen
IT.NRW	Information und Technik Nordrhein-Westfalen
IWR	Institut der Regenerativen Energiewirtschaft
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union (EU)

GE	Getreideeinheiten
Getreide-GPS	Getreide-Ganzpflanzensilage
GL	Grünland
GLÖZ	Regelung zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in „gutem landwirtschaftlichem und ökologischem Zustand“
GVE	Großvieheinheiten
HKW	Heizkraftwerk
HW	Heizwerk
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012, Bundesgesetz
KS	Klärschlamm
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KUP	Kurzumtriebsplantage
KVA	Klärschlammverbrennungsanlage
KW	Kraftwerk
LabfG	Landesabfallgesetz
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
LF	Landwirtschaftliche Fläche
LFoG	Landesforstgesetz NRW
LWK	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
lutro	lufttrockenes Holz
LW	Landwirtschaft
LWI	Landeswaldinventur
MB	mechanische Behandlungsanlagen
MBA	mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen
Mio.	Millionen
MKULNV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
MKVA	Müll- und Klärschlammverbrennungsanlage
m.R.	mit Rinde
MVA	Müllverbrennungsanlage
Nawaro	nachwachsende Rohstoffe
Nm ³	Normkubikmeter
Nmin	mineralischer Stickstoff

N _{org}	organisch gebundener Stickstoff
NRW	Nordrhein-Westfalen
NSG	Naturschutzgebiet
o.R.	ohne Rinde
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
PAG	projektbegleitende Arbeitsgruppe
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification
RED	renewable energy directive = Erneuerbare Energien Richtlinie der EU
RTO	regenerativ-thermische Oxidation
RVR	Regionalverband Ruhr; <u>hier</u> : Planungsregion Ruhr
SV	stoffliche Verwertung
t	Tonnen (Einheit)
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz des Bundes
TECH	technisch
therm	thermisch
THG	Treibhausgase
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TS	Trockensubstanz
oTS	organische Trockensubstanz
UBA	Umweltbundesamt
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V.
VFM	Vorratsfestmeter
VSG	Vogelschutzgebiet

Glossar

Abfall

Abfälle im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss (siehe §3 KrWG) (Abfallrecht 2012).

Altholz

Nach der Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung - AltholzV) fallen unter den Begriff „Altholz“ Industrie- und Gebrauchthölzer, soweit diese Abfall im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind. Althölzer werden in vier Altholzkategorien unterteilt (siehe Kapitel 5.1.1.1).

Anbaubiomasse

Energiepflanzen, die speziell zur Erzeugung von Bioenergie angebaut werden.

Atmosphärische Deposition

Die atmosphärische Deposition bezeichnet Stoffflüsse aus der Atmosphäre auf die Erdoberfläche. Durch Verbrennungs- und Produktionsprozesse gelangen Schadstoffe in gasförmiger, gelöster oder partikelgebundener Form in die unterste Schicht der Erdatmosphäre (Scheffer-Schachtschabel 2002).

Bioabfall

In dieser Studie werden Bioabfälle betrachtet, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen werden. Dieser Abfall wird über die Biotonne erfasst.

Brache

Ein Brachland ist eine unbestellte Ackerfläche, die der Erholung des Bodens und der Wiederanreicherung mit natürlichen Nährstoffen dient. Wird die Ackerfläche ganzjährig liegengelassen, so spricht man von einer reinen Brache. Teil- oder Halbbrachen lässt man meist nach einem Kleeschnitt oder nach Beweidung für den Rest des Jahres eintreten. Eine Dreifelderwirtschaft beansprucht ca. 1/3 der Ackerfläche (wissenmedia 2013).

Corn-Cob-Mix

Meist in der Schweinemast eingesetztes Futter, das aus der gehäckselten Spindel und dem gehäckselten Maiskolben besteht.

Cross Compliance

Als Cross Compliance wird die Bindung der EU-Agrarzahlungen an Verpflichtungen im Umweltschutz, bei der Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit, bei Tiergesundheit und im Tierschutz bezeichnet. Die EU setzt im internationalen Vergleich hohe Umweltstandards. Direktzahlungen aus dem EU-Agrarhaushalt dienen Ausgleichszahlungen für höhere Produktionskosten, die den landwirtschaftlichen Betrieben aufgrund der hohen Standards im Vergleich mit ihren Konkurrenten in anderen Ländern entstehen (BMELV 2013).

Fermentation

Die Umwandlung von organischem Material durch Mikroorganismen nennt man Fermentation. Zersetzer dabei können Bakterien, Pilze oder auch Einzeller bzw. deren Enzyme (Fermenten) sein. Es ist eine Form der anaeroben Verstoffwechslung (Chemie.de 2013a).

Gärreste

In Biogasanlagen fallen bei der Produktion von Biogas neben dem Methan Biogasgärreste an. Die flüssigen und festen Rückstände entstehen aus der Vergärung von Biomasse. Sie werden auf landwirtschaftlichen Flächen zwecks Nährstoffversorgung ausgebracht (LfL 2013a).

Grünabfall

In dieser Studie werden Grünabfälle betrachtet, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen werden. Grünabfälle werden häufig über kommunale Sammelstellen erfasst. Zwischen Grünabfall- und Bioabfallmengen gibt es Überschneidungen.

Klärschlamm

„Klärschlamm ist nach § 2 (2) AbfKlärV der bei der Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen einschließlich zugehöriger Anlagen zur weitergehenden Abwasserreinigung anfallende Schlamm, auch entwässert oder getrocknet oder in sonstiger Form behandelt“ (Abfallrecht 2012).

Kofermente

Unter Kofermentation versteht man die gemeinsame Vergärung von Tierexkrementen (Gülle, Festmist) mit Nawaro oder organischen Abfällen (Bio- und Grünabfall, Schlachtabfälle, Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie etc.).

Landschaftspflegematerial

„Bei Landschaftspflegematerial handelt es sich um Materialien, die bei Maßnahmen anfallen, welche vorrangig und überwiegend den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Sinne des BNatSchG dienen ...“ (DBFZ 2011). Welche Materialien bzw. Flächen in dieser Studie detailliert betrachtet wurden, ist in Kapitel 5.2.7 dargelegt.

Mineraldünger

Düngemittel mineralischer oder synthetischer Herkunft mit einem oder mehreren Pflanzennährstoffen (N, P, K, Mg, Kalk) werden als Mineraldünger bezeichnet. Er besteht aus anorganischen Bindungen, organische Düngemittel dahingegen aus organischen Bindungen. Mittels der Mineraldünger lässt sich eine gezielte Ernährung, die auf das Wachstum der Pflanze abgestimmt ist, erreichen (Umweltdatenbank 2013).

Mineralisierung

Als Mineralisation wird der mikrobielle Abbau abgestorbener organischer Substanz zu anorganischen Komponenten verstanden. Die freigesetzten Stoffe gelangen zurück in den Nährstoffkreislauf, werden an Bodenkolloide gebunden oder aus dem Boden ausgewaschen. Je nach Zusammensetzung und Nährstoffgehalt der organischen Substanz variiert die Abbaugeschwindigkeit. So können Zucker und Aminosäuren leichter umgewandelt werden als Lignin- oder Celluloseverbindungen (GeoDZ 2013).

Nährstoffsaldo

Ziel einer Nährstoffbilanz ist der Überblick über die Summe der Zu- und Abflüsse von Nährstoffen. Ist die Bilanz ausgeglichen, sind gravierende Düngefehler kaum zu erwarten. Positive Salden zeigen einen Nährstoffüberschuss (Nährstoffanreicherung), negative Salden eine Nährstoffarmut (Nährstoffabbau). Der Nährstoffvergleich kann auf Basis eines Einzelschlags, Feld-Stall-Basis oder Hoftorbasis erfolgen (Chemie.de 2013b).

Pasteurisierung

Das Verfahren dient der Abtötung von Mikroorganismen und der Inaktivierung von Enzymen. Es umfasst das kurzzeitige Erhitzen von Substanzen auf 60-90 °C. Durch die Hitzeeinwirkungen werden die meisten Lebensmittelverderber wie Milchsäurebakterien und Hefen sowie viele krankheitserregende Bakterien (z.B. Salmonellen) zuverlässig abgetötet, ohne Geschmack und Konsistenz der Lebensmittel zu beeinträchtigen (Chemie.de 2013c).

Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdünger entsteht in landwirtschaftlichen Betrieben bei der Tierhaltung oder der Vergärung pflanzlicher Stoffe in Biogasanlagen. Sie dienen sowohl zur Nährstoffversorgung der Pflanzen als auch zur Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Darunter fallen Gülle, Jauche, Stallmist und ähnliches (LfL 2013b).

Zusammenfassung

Die nordrhein-westfälische Landesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, den Anteil der erneuerbaren Energien deutlich auszubauen. Zur Unterstützung des Ausbaus hat das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) mit der Durchführung der Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW beauftragt. Im Oktober 2012 wurde der „Teil 1 – Windenergie“ innerhalb der LANUV-Fachberichtsreihe 40 „Potenzialstudie Erneuerbare Energien“ veröffentlicht. Die Potenzialanalyse Solarenergie wurde im Juni 2013 als „Teil 2 – Solarenergie“ vorgestellt. Mit der Potenzialanalyse Biomasse wurde nun der dritte Baustein der Studie abgeschlossen.

Ziel der Biomassepotenzialstudie NRW war es, in einem ersten Schritt die bestehenden Biomassekonversionsanlagen und die bisher realisierten Leistungen sowie Energieerträge auf den unterschiedlichen Verwaltungsebenen von NRW (Kreis, Planungsregion etc.) darzustellen. In einem zweiten Schritt wurden Potenziale zur Nutzung der Bioenergie im Strom- und Wärmesektor für NRW ermittelt. Die ausgewiesenen Potenziale werden unter Beachtung von Nutzungskonkurrenzen, Nachhaltigkeitsaspekten und weiteren Umwelt- und Naturschutzanforderungen ermittelt. Weiterhin sollen hilfreiche Grundlagendaten zum Ausbau der Bioenergie für verschiedene Planungsebenen, Standortsuchende und die interessierte Öffentlichkeit im Fachinformationssystem Energieatlas NRW (www.energieatlasnrw.de) bereitgestellt werden.

Situationsanalyse

Der Sektor Landwirtschaft (LW) wird in Bezug auf Strom- und Wärmeproduktion durch Biogasanlagen dominiert. Andere Anlagentypen (wie Strohverbrennung) spielen in NRW dagegen keine Rolle. Der Sektor Forstwirtschaft (FW) teilt sich in die private (Kamine, Pelletheizungen etc.) und kommunale/gewerbliche/industrielle Energieholznutzung (kleine und mittlere Feuerungsanlagen, Heizwerke, Heizkraftwerke). Der Sektor Abfallwirtschaft (AW) weist einen sehr umfassenden und vielschichtigen Anlagenbestand auf. In **Tabelle 1** ist die Summe der Strom- und Wärmeproduktion aller in dieser Studie ermittelten Biomassekonversionsanlagen aufgeführt. Die Daten beziehen sich auf die Jahre 2010, 2011 oder 2012, je nach Datenverfügbarkeit für die Stoffströme.

Aktuell werden demnach etwa 5 TWh/a Strom und 15 TWh/a Wärme – insgesamt also rund 20 TWh/a Energie – in Biomassekonversionsanlagen produziert. Dabei werden insbesondere im Forst- und Abfallbereich zum Teil Biomassen von außerhalb NRWs eingesetzt.

Bei diesen Zahlen muss vor allem in Bezug auf den Wärmesektor beachtet werden, dass es sich dabei um produzierte Energiemengen handelt. Es ist überwiegend nicht bekannt, ob diese Wärme auch genutzt wird – sprich, ob sie in ein Fernwärmenetz eingespeist wird, oder ob und in welchem Umfang eine Vor-Ort-Nutzung realisiert wurde.

Tabelle 1: Strom- und Wärmeproduktion durch bestehende Biomassekonversionsanlagen in NRW

Sektor	Anlagentyp	Strom [TWh/a]	Wärme [TWh/a]
LW	Biogasanlagen	1,41	1,75
FW	Private Holznutzung	0,00	5,05
	kleine und mittlere Feuerungsanlagen (< 1MW)	0,00	1,63
	Großfeuerungsanlagen	0,44	0,41
AW	Altholzverbrennungsanlagen ¹⁾	1,07	2,56
	Kläranlagen mit Gasnutzung ²⁾	0,39	0,61
	Klärschlammverbrennungsanlagen	0,15	0,36
	Deponiegasverwertungsanlagen ³⁾	0,25	0,25
	Kompost- und Vergärungsanlagen ⁴⁾	0,05	0,02
	Müllverbrennungsanlagen ⁵⁾	1,19	2,37
	Summe	4,95	15,01

¹⁾Wärme über Annahme grob abgeschätzt (siehe Kapitel 5.1.1); ²⁾in der Regel: Eigenversorgung der Standorte; ³⁾ab dem Jahr 2030 kein nutzbares Potenzial mehr, hier im Jahr 2010 erzeugte Energiemenge; ⁴⁾produzierte Strommenge und extern genutzte Wärmemenge (Quelle: MKULNV); ⁵⁾Bezug: Produzierte Strom- und exportierte Wärmemenge aus dem biogenen Anteil (= 50 %) der verbrannten Abfälle Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll

Methodik Potenzialanalyse

In der vorliegenden Studie wurden das technische und das machbare Potenzial für die drei Sektoren Land-, Forst- und Abfallwirtschaft ermittelt. Dabei addiert sich ein machbares energetisches Ausbaupotenzial mit dem bereits realisierten energetischen Potenzial zu einem machbaren Gesamtpotenzial. Hierbei ist zu beachten, dass im Anlagenbestand insbesondere im Forst- und Abfallbereich auch Biomasse von außerhalb NRWs genutzt werden. Die Berechnung der in **Tabelle 2** angegebenen minimalen und maximalen Gesamtpotenziale erfolgt hingegen nur auf Basis von in NRW erzeugter Biomasse. Das machbare Potenzial wird als Spanne innerhalb von Szenarien ausgewiesen, die unterschiedlich stark für den Bereich Land- und Forstwirtschaft Aspekte der Nachhaltigkeit sowie des Umwelt- und Naturschutzes berücksichtigen. Für den Abfallbereich werden den Szenarien Annahmen bspw. zur Bevölkerungsentwicklung, Umlenkung von Stoffströmen oder Effizienzsteigerungen zugrunde gelegt. Genauso wie in der Bestandsanalyse werden potenziell produzierbare Strom- und Wärmemengen ausgewiesen. Insbesondere für die Wärme gilt, dass zur Realisierung der Potenziale entsprechende Wärmesenken bzw. Wärmeabnehmer vorhanden sein müssen. Die Ergebnisse werden im Zusammenhang bspw. mit Nutzungskonkurrenzen diskutiert.

Die Methodik der Potenzialanalyse wurde innerhalb einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) abgestimmt, die mit Vertretern der Landesregierung, nachgeordneter Behörden, Planungsbehörden, Interessensverbänden etc. besetzt war.

Ergebnisse Potenzialanalyse

In **Tabelle 2** sind die minimalen und maximalen machbaren Gesamtpotenziale (Ausbaupotenzial + bereits produzierte Energiemengen) der drei Sektoren Land-, Forst- und Abfallwirtschaft den bereits produzierten Strom- und Wärmemengen gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass im Bereich

Forstwirtschaft zur besseren Vergleichbarkeit mit den Potenzialen die importierten Holzmengen aus den bereits produzierten Anteilen herausgerechnet wurden – die Werte decken sich demnach nicht mit denen in **Tabelle 1**.

Tabelle 2: Biomasse-Gesamtpotenziale der Land-, Forst- und Abfallwirtschaft

Sektor	Strom [TWh/a]			Wärme [TWh/a]			Bereits produziert [TWh/a]	
	Minimal	Leitwert	Maximal	Minimal	Leitwert	Maximal	Strom	Wärme
Landwirtschaft	2,60	4,65	9,57	11,36	12,00	15,64	1,41	1,75
Forstwirtschaft	0,16	0,16	0,22	3,25	4,25 ⁴⁾	5,53 ⁴⁾	0,15 ¹⁾	3,03 ¹⁾
Abfallwirtschaft	2,9	3,54	3,54	6,30	7,27	7,27	3,09 ²⁾	6,17 ²⁾
Summe	5,66	8,35	13,33	20,91	23,52⁴⁾	28,44⁴⁾	4,65³⁾	10,94³⁾

¹⁾berechnete erzeugte Energiemenge aus nordrhein-westfälischer Biomasse. Insgesamt werden in den FW-Anlagen in NRW durch zusätzliche Importe von Holz ca. 0,44 TWh/a Strom und 7,09 TWh/a Wärme erzeugt (s. **Tabelle 1**). ²⁾erzeugte Energiemenge in nordrhein-westfälischen Anlagen. ³⁾Unter Berücksichtigung der Importe aus der Forstwirtschaft werden aktuell 4,95 TWh/a Strom und 15,0 TWh/a Wärme in nordrhein-westfälischen Anlagen produziert (s. **Tabelle 1**). ⁴⁾Das Effizienzpotenzial privater Einzelfeuerstätten in Höhe von 1 TWh/a ist hier mit eingerechnet.

Die Potenzialanalyse für alle drei Sektoren weist in den *minimalen Szenarien* keine nennenswerten Ausbaupotenziale aus. Einzig in der Landwirtschaft könnten im Wärmebereich etwa 10 TWh/a zusätzlich mobilisiert werden. Dieses Potenzial resultiert zum größten Teil aus Erntenebenprodukten. Hier ist anzumerken, dass dieses Potenzial als relativ schwer zu heben gilt. Im Forstbereich liegen bei Betrachtung der NRW-eigenen Biomasse nur noch geringe Ausbaupotenziale vor. Diese liegen in der Regel im nicht-organisierten Privatwald, was die Hebung dieser Potenziale schwierig macht. In der Abfallwirtschaft liegen die minimalen Potenziale unter der aktuellen Nutzung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Szenarien ausschließlich Haus- und Sperrmüll sowie hausmüllähnliche Gewerbeabfälle betrachten, die den Kommunen überlassen werden. Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen wurden nicht betrachtet.

Unter Annahme der *maximalen machbaren Potenziale* ließe sich allein im Sektor Landwirtschaft ein nennenswerter Zuwachs der energetischen Nutzung realisieren. Dies würde aber bedeuten, dass die in der Studie angelegten strengeren (im Vergleich zu den aktuell gültigen) Nachhaltigkeitsstandards in der Realität nicht umgesetzt werden würden.

Dem ausgewiesenen *NRW-Leitszenario* liegen Annahmen der Landesziele zu Grunde, den Ausbau der Biomassenutzung in NRW unter qualitativen und nachhaltigen Kriterien weiter voran zu treiben. Unter den definierten Rahmenbedingungen errechnet sich ein Biomassepotenzial von 8,4 TWh/a Strom und 23,5 TWh/a Wärme für NRW.

Die vorliegende Studie liefert somit wichtige Grundlagen für die von der Landesregierung geplante Biomassestrategie. Mit *maximal* 13 TWh/a Strom und 28 TWh/a Wärme kann die Bioenergie aber eine im Vergleich zu Wind und Solar eher untergeordnete Rolle bei den Zielen der Landesregierung spielen: das LANUV hat ein Strompotenzial für Wind und Solar von jeweils mehr als 70 TWh/a in NRW errechnet (LANUV 2012a & 2013b).

1 Einleitung

Die nordrhein-westfälische Landesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 die Treibhausgasemissionen um mindestens 25 % und bis 2050 um mindestens 80 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Gesetzliche Grundlage für diese Entscheidungen ist das neue Klimaschutzgesetz, das Anfang 2013 vom nordrhein-westfälischen Landtag verabschiedet wurde. Zudem wurde im Koalitionsvertrag 2012 festgelegt, den Anteil der erneuerbaren Energien an der nordrhein-westfälischen Stromversorgung bis 2025 auf 30 % zu steigern.

Zur Unterstützung der Ausbauziele der erneuerbaren Energien hat das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV) das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) beauftragt, eine „Potenzialstudie erneuerbare Energien NRW“ durchzuführen. Im Oktober 2012 wurde der „Teil 1 – Windenergie“ innerhalb der LANUV-Fachberichtsreihe 40 „Potenzialstudie Erneuerbare Energien“ veröffentlicht. Die Potenzialanalyse „Teil 2 – Solarenergie“ wurde im Juni 2013 vorgestellt. Mit der Potenzialanalyse Biomasse wird nun der dritte Baustein der Studie vorgelegt.

1.1 Ziel der Biomassepotenzialstudie NRW

Der Einsatz von Bioenergie spielt im Rahmen der Energiewende neben anderen erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle. Bereits heute trägt die Bioenergie den größten Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung. Ein großer Vorteil ist, dass Biomasse in allen drei Bereichen Wärme, Strom und Verkehr einsetzbar ist. Zudem ist Biomasse transportierbar, lagerfähig und im Bedarfsfall vor Ort verfügbar. Anders als Solar- oder Windenergie unterliegt sie keinen kurzfristigen Schwankungen und ist grundlastfähig.

Ziel der Biomassepotenzialstudie NRW war es, in einem ersten Schritt die bestehenden Biomassekonversionsanlagen und die bisher realisierten Leistungen auf den Verwaltungsebenen NRW darzustellen. In einem zweiten Schritt wurden Potenziale zur Nutzung der Bioenergie im Strom- und Wärmesektor in Form produzierbarer Strom- und Wärmemengen für NRW ermittelt – der Sektor Verkehr wurde nicht betrachtet.

Im Wesentlichen kann Biomasse aus drei großen Bereichen zur energetischen Nutzung bereitgestellt werden: aus Land-, Forst- und Abfallwirtschaft. Die drei Sektoren wurden in unterschiedlichen Arbeitspaketen untersucht und dargestellt. Im Ergebnis werden sowohl technische als auch machbare Potenziale ausgewiesen. Die machbaren Potenziale werden vor dem Hintergrund von Nutzungskonkurrenzen und Konflikten (Natur- und Artenschutz, Nachhaltigkeit etc.) dargestellt.

Die Ergebnisse aus der Studie sollen eine möglichst breite Akzeptanz und Nutzbarkeit auf allen Planungsebenen sowie im Bereich der Bioenergiebranche erfahren. Darum wurden wesentliche Arbeitsschritte, Grundlagen und Methoden innerhalb einer interdisziplinär besetzten projektbegleitenden Arbeitsgruppe zur Diskussion und Abstimmung gestellt. In Gesprächen mit Experten und Institutionen der Bioenergiebranche und des Naturschutzes wurden die Leitlinien für die Berechnung der Potenziale festgelegt.

Das LANUV hat das Fachinformationssystem „Energieatlas NRW“ entwickelt und unter www.energieatlasnrw.de veröffentlicht. Hier sollen zeitnah nach Veröffentlichung der Studie als Fachbericht hilfreiche Grundlagendaten zum Ausbau der Bioenergie in den Bereichen Wärme und Strom

bereitgestellt werden. Damit soll den Verwaltungsebenen eine Entscheidungsgrundlage an die Hand gegeben werden, den weiteren Ausbau der energetischen Biomassenutzung zu gestalten.

Vor dem Hintergrund der heute kritisch geführten Diskussion zum Ausbau der energetischen Nutzung von Biomasse in Land- und Forstwirtschaft hat sich die Landesregierung zum Ziel gesetzt, die Bioenergienutzung in NRW realistisch, ausgewogen und nachhaltig weiter zu entwickeln. Besonders die Naturverträglichkeit beim Anbau der Biomasse und der Umweltschutz sollen dabei im Vordergrund stehen. Der Fokus liegt zukünftig nicht auf dem Erreichen eines neuen, erhöhten, quantitativen Ausbauziels. Stattdessen sollen die vorhandenen Potenziale bei der energetischen Nutzung der Biomasse unter qualitativen und nachhaltigen Aspekten genutzt werden. Neben einer maximalen Ausnutzung der vorhandenen Biomassepotenziale werden darum in der vorliegenden Studie auch Szenarien berechnet, wie sich ambitioniertere Umwelt- und Naturschutzaufgaben – als sie momentan gelten – auf die Verfügbarkeit der Biomasse sowie Nutzungskonkurrenzen innerhalb einzelner Stoffströme auswirken. Das Ergebnis sind minimale und maximale Gesamtpotenziale für Biomasse aus Land-, Forst- und Abfallwirtschaft und darüber hinaus Potenziale gemäß einem NRW-Leitszenario, in das diese qualitativen Überlegungen einfließen. Damit wird eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung der neuen NRW-Biomassestrategie geliefert, die die Leitlinien für den weiteren qualitativen Ausbau der energetischen Biomassenutzung sowie Maßnahmen zur Zielerreichung in NRW formulieren soll.

2 Rahmenbedingungen und Definitionen

2.1 NRW in Zahlen

Nordrhein-Westfalen hatte zum 31.12.2010 eine Katasterfläche von 3.409.226 ha. Davon entfielen ca. 26 % auf Waldflächen und etwa 43 % auf landwirtschaftliche Flächen.

2.1.1 Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung wird ausgehend vom Jahr 2010 bis 2030 negativ prognostiziert (**Tabelle 3**). Am 31.12.2010 belief sich die Einwohnerzahl aller kreisangehörigen Gemeinden und kreisfreien Städte im Land NRW auf 17.845.154. Für das Jahr 2030 wird eine Abnahme um 2,7 % erwartet, bis 2050 von fast 12 % (IT.NRW 2012c).

Tabelle 3: Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung des Landes NRW und seiner Planungsregionen vom 31.12.2010 bis 01.01.2030 (IT.NRW 2012a; IT.NRW 2012b)

Planungsregion	Bev-Zahl 31.12.2010	Bev-Zahl _{prog} 01.01.2020	Bev-Zahl _{prog} 01.01.2030	Veränderung _{prog} 2010 – 2030 [%]
Münster	1.590.722	1.630.875	1.635.412	+ 2,8
Detmold	2.038.323	2.013.615	1.958.510	- 3,9
Arnsberg	1.424.375	1.368.980	1.293.150	- 9,2
RVR	5.150.307	4.976.395	4.763.508	- 7,5
Düsseldorf	3.248.680	3.227.593	3.173.821	- 2,3
Köln	4.392.747	4.494.769	4.542.013	+ 3,4
NRW	17.845.154	17.712.227	17.366.414	- 2,7

Laut Prognose für die Planungsregionen werden die Bevölkerungszahlen in den Regionen Detmold, Arnsberg, RVR und Düsseldorf zurückgehen, in den Regionen Münster und Köln aber zunehmen. Der prozentual deutlichste Rückgang mit 9,2 % wird für die Planungsregion Arnsberg prognostiziert (IT.NRW 2012a; IT.NRW 2012b; IT.NRW 2012c).

2.1.2 Hintergrundinformationen zur Landwirtschaft

Nordrhein-Westfalen hatte zum 31.12.2010 eine Landwirtschaftsfläche von insgesamt 1.463.087 ha. Diese verteilt sich auf 396.792 ha Dauergrünland (27,1 %), 13.256 ha Dauerkulturen (0,9 %) und 1.052.326 ha Ackerland (71,9 %). Der Rest entfällt auf Brachen. Im Jahr 2010 wurden etwa 37 % des Dauergrünlands als Wiesen genutzt, 55 % als Weiden und 8 % für sonstige Nutzungen. Die wichtigste Gruppe der Ackerfrüchte im Jahr 2010 war das Getreide, das einen Anteil von 62 % der Flächen belegte. Innerhalb der Gruppe dominierte Weizen mit 49 %, gefolgt von Gerste (29 %) und Körnermais einschließlich Corn-Cob-MIX (CCM) (17 %). Die Grünerntepflanzen hatten mit knapp 20 % den zweitgrößten Flächenanteil an der Ackerfläche NRWs. Die größte Bedeutung kommt hier dem Silomais mit

77 % zu, gefolgt vom Grasanbau auf Ackerland mit 18,5 %. Bei den Hackfrüchten (8,4 % der Ackerfläche) hatten Kartoffeln einen Anteil von 36 % und Zuckerrüben von 62 %, die restlichen 2 % machten Runkelrüben aus. Bei den Handelsgewächsen (6,8 %) stand die Erzeugung von Ölfrüchten (98 %) im Vordergrund, bei denen der Winterraps mit 99 % Flächenanteil dominiert. An Hülsenfrüchten (0,4%) wurden vor allem Ackerbohnen (50 %) und Erbsen (40 %) angebaut. Die Grünlandnutzung bestand zu 37 % aus Wiesen und zu 55 % aus Weiden (IT.NRW 2010).

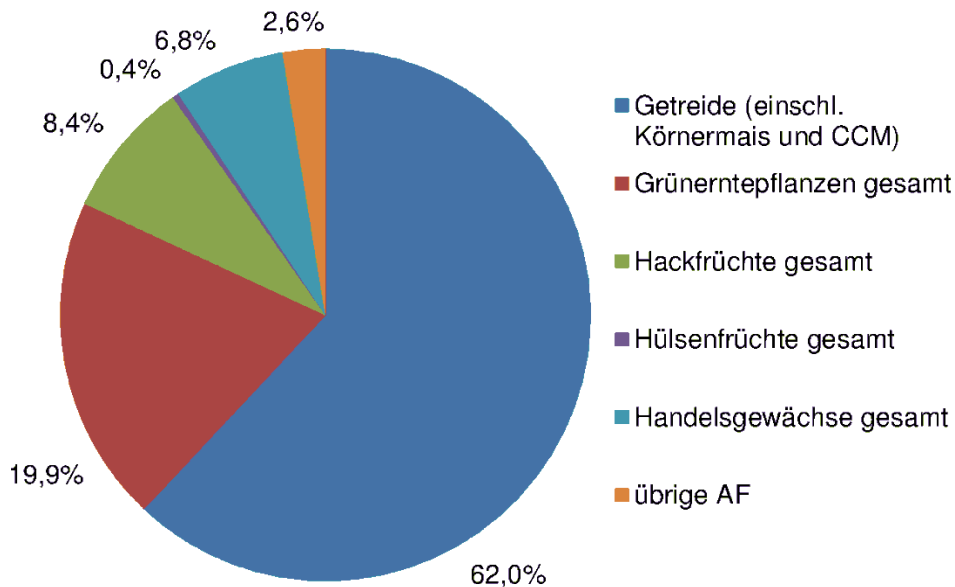


Abbildung 1: Prozentuale Verteilung der Anbaufrüchte auf der Gesamtackerfläche (eigene Darstellung auf Basis von IT.NRW 2010)

2.1.3 Hintergrundinformationen zur Forstwirtschaft

In Nordrhein-Westfalen sind gemäß Katasterinformation 873.202 ha der Bodenfläche bewaldet (Stand 31.12.2010; IT.NRW 2012d). Mit einem Anteil von 26 % reiner Waldfläche an der Landesfläche liegt Nordrhein-Westfalen unter dem deutschen Durchschnitt: insgesamt sind 31 % der Bundesfläche bewaldet.

Von den 873.202 ha Waldfläche in NRW sind 64 % in Privatbesitz, 20 % sind Gemeinde- und Körperschaftswald, 13 % sind im Besitz des Landes NRW und weitere 3 % entfallen auf die Bundesebene. Die gesamte vermarktete Holzmenge 2011 über das Land betrug 2,15 Mio. EFM (Landesbetrieb Wald und Holz 2012).

Die Waldflächenverteilung ist sehr ungleich in NRW und folgt im Wesentlichen dem Relief; in Mittelgebirgen sind die Waldanteile hoch, im Flachland niedrig. Zu den meist vertretenen Baumarten zählen mit 37 % die Fichte und mit jeweils 16 % Buche und Eiche. Andere Laubhölzer nehmen zusammen 20 % ein und Kiefer, Lärche und Douglasie machen zusammen einen Anteil von ca. 11 % aus. Insgesamt besteht der Waldbestand aus 52 % Laubwald und 48 % Nadelwald, die sich wie in **Abbildung 2** dargestellt verteilen.

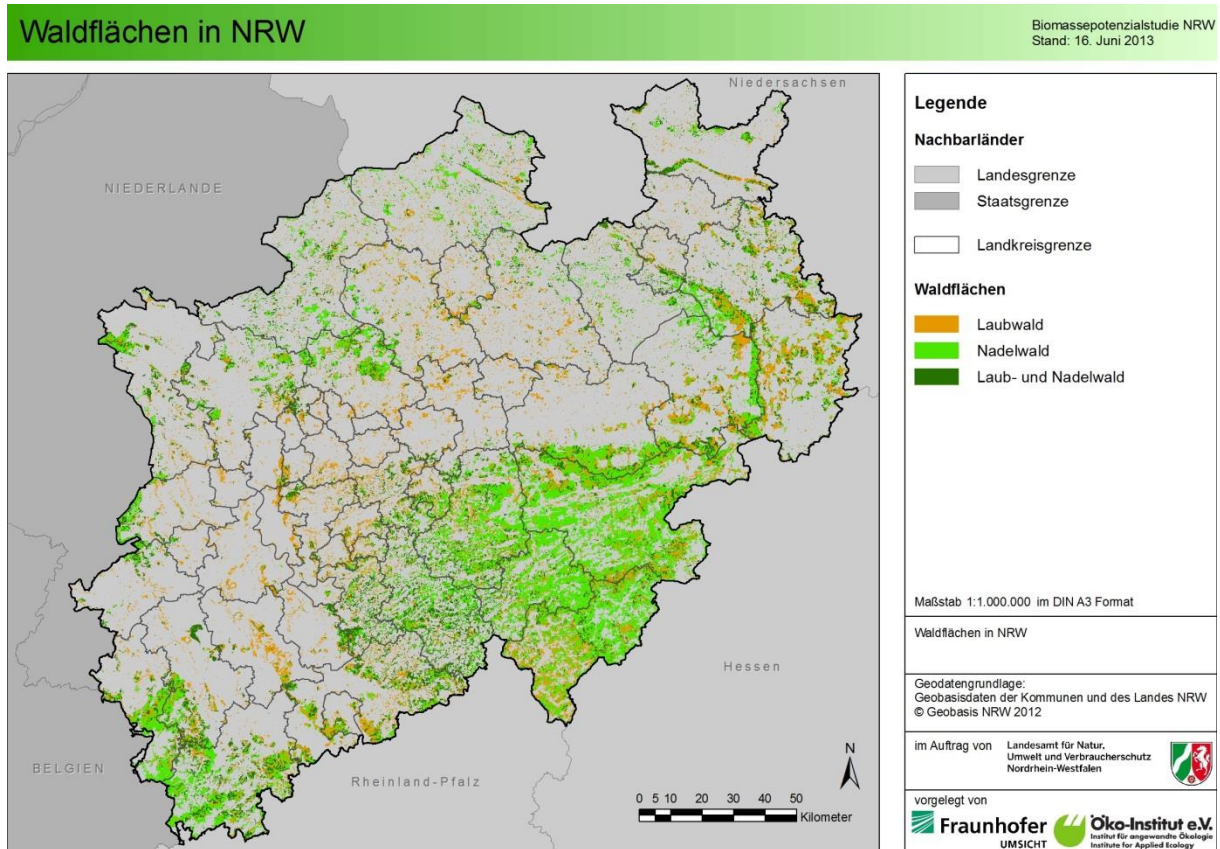


Abbildung 2: Verteilung von Laub-, Nadel- und Mischwaldflächen in NRW

2.1.4 Hintergrundinformationen zur Abfallwirtschaft

Unsere heutige Industrie- und Konsumgesellschaft erzeugt Abfälle in großen Mengen. Unter Abfall versteht man Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigen will oder deren geordnete Entsorgung insbesondere zum Schutz von Mensch und Umwelt geboten ist. In dieser Studie werden Stoffströme der Abfallwirtschaft betrachtet, die ganz oder teilweise Abfälle organischer Herkunft umfassen.

Zahlreiche gesetzliche Vorschriften regeln den Umgang mit dem anfallenden Abfall in Nordrhein-Westfalen (s. Kapitel 2.2.3). Demnach steht an erster Stelle die Abfallvermeidung. Ist dies nicht möglich, folgen die Vorbereitung zur Wiederverwendung, die Verwertung und schließlich die Beseitigung (**Abbildung 3**).

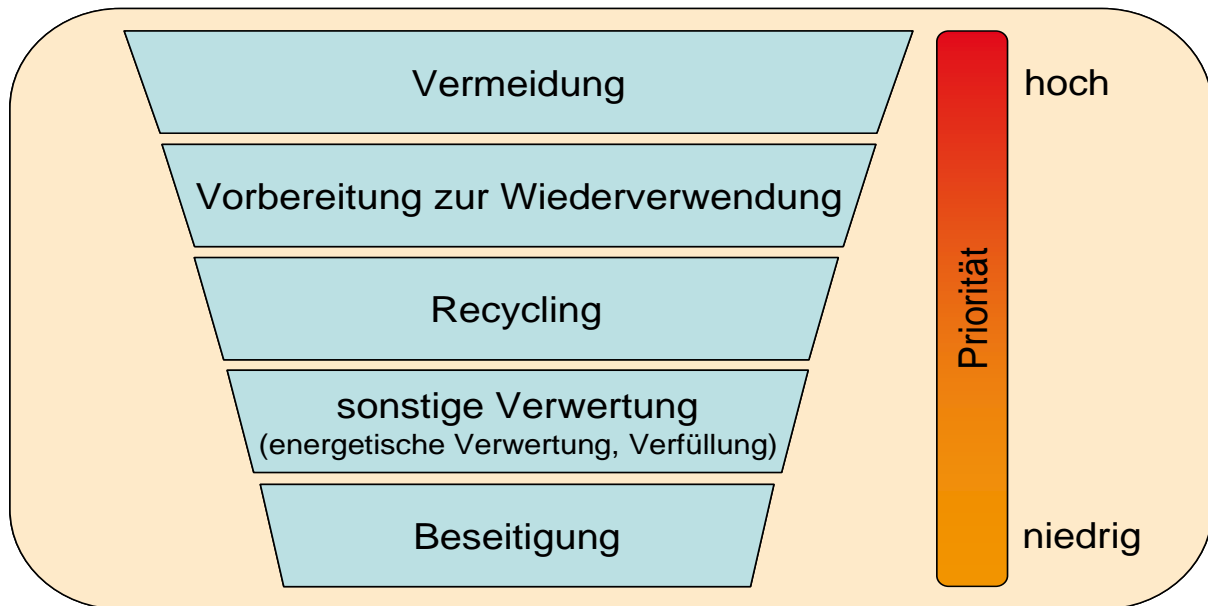


Abbildung 3: Hierarchie im Umgang mit anfallenden Abfällen

Mit den Informationssystemen des LANUV werden Informationen zu überlassungspflichtigen Abfällen und zu Behandlungsanlagen erhoben. Für die vorliegende Studie wurden Daten aus den folgenden Informationssystemen ausgewertet:

- ENADA: Entsorgungs-Anlagen-Datenbank
- AIDA: Informationsplattform Abfall in NRW
- ERIKA: Erhebungssystem über Internet für Kläranlagenabfälle
- ADDISweb: Abfalldeponiedaten-Informationssystem
- ABILA: Erhebungssystem der kommunalen Siedlungsabfallbilanzen

Neben den LANUV-eigenen Informationssystemen wurden Literatur- und Internetrecherchen bei Betreibern, Anlagenbauern und Verbänden durchgeführt.

2.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern stehen die erneuerbaren Energien quasi unendlich (v.a. in Bezug auf Wind und Sonne) und vor Ort zur Verfügung. Ihre Nutzung kann klima- und ressourcenschonend gestaltet werden. Da die erneuerbaren Energien aber (noch) nicht marktfähig sind, werden sie gesetzlich gefördert. Zentrales Instrument dabei ist das deutsche Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Kurztitel Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG). Das EEG soll im Interesse des Klima- und Umweltschutzes u.a. eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung ermöglichen. Weitere Gesetze regeln wichtige Teilbereiche der energetischen Biomassenutzung wie bspw. Aspekte der Nachhaltigkeit oder des Umwelt- und Naturschutzes.

2.2.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) regelt die Abnahme und Vergütung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen (und Grubengas). Es ist erstmalig 2000 in Kraft getreten und wurde in den Jahren 2004 und 2009 novelliert. Im Jahr 2011 hat die Bundesregierung das EEG erneut novelliert, um es gemäß den politischen Zielen und den aktuellen Marktentwicklungen anzupassen. Das aktuelle EEG ist zum 1. Januar 2012 in Kraft getreten und ist für alle ab diesem Zeitpunkt in Betrieb gehenden Anlagen die gesetzliche Grundlage. Die Vergütungshöhe nach dem EEG ist je nach verwendeter Biomasse sowie Anlagenleistung unterschiedlich. Der Vergütungszeitraum beträgt 20 Jahre inkl. des Jahres der Inbetriebnahme der Anlage. Die Höhe der Grundvergütung sowie die der Boni reduziert sich jährlich bezogen auf die im Vorjahr gewährte Vergütung (Degression) (FNR 2012). Ebenfalls mit dem EEG 2012 wurde der so genannte „Maisdeckel“ eingeführt, der den Einsatz von Mais und Getreidekorn in Biogasanlagen auf 60 % pro Kalenderjahr begrenzt. **Tabelle 4** zeigt die Grundvergütung nach EEG 2012 für Strom aus Biomasseanlagen nach den Leistungsanteilen.

Tabelle 4: Grundvergütung der Leistungsanteile nach dem EEG 2012 (FNR 2012)

Leistung	Grundvergütung [Cent/kWh]
Bis 150 kW _{el}	11,44
150 kW _{el} bis 500 kW _{el}	9,00
500 kW _{el} bis 5 MW _{el}	8,09
5 MW _{el} bis 20 MW _{el}	7,63

Hinsichtlich des Ausbaus und der Weiterentwicklung der Biogasbranche sind mit dem EEG 2012 zwei zusätzliche neue Vergütungsanreize eingeführt worden. Zur Förderung der Integration in das Energiesystem wird die Direktvermarktung des Stroms durch eine Marktprämie und ergänzend zur Marktprämie durch eine Flexibilitätsprämie gefördert.

Nach der Errichtung von 1.300 neuen Biogasanlagen in Deutschland im Jahr 2011, erfuhr der Zubau in 2012 einen Einbruch um 74 % auf 340 neue Anlagen (Fachverband Biogas e.V. 2013). Auch für Biogas-Blockheizkraftwerke (Biogas-BHKW) lassen erste Hochrechnungen für 2012 einen Auftrags-einbruch erwarten. Das geht aus einer Umfrage unter BHKW-Herstellern hervor, die das Öko-Institut in Kooperation mit dem Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung (B.KWK) und der Fachzeitschrift „Energie & Management“ durchgeführt hat. Die Novellierungen im EEG im Jahr 2012 haben zur Verunsicherung von Investoren geführt (EuWID 2012).

2.2.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen mit Nachhaltigkeitsbezug

Nachhaltigkeit ist der zentrale Anspruch an die energetische Nutzung von Biomassen. In der Land- und Forstwirtschaft sind in den Bestimmungen zur guten fachlichen Praxis sektorübergreifende Nachhaltigkeitsanforderungen verankert. Dabei bestehen gesetzliche Anforderungen an die Kompartimente Gewässer, Boden, Luft und Natur. Bezogen auf den Bioenergiesektor gelten für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe ambitioniertere Ziele, insbesondere hinsichtlich der Reduktion von Treibhausgasemissionen, dem Schutz von Flächen mit hohem Naturschutzwert und hohem Kohlenstoffbestand

sowie von Torfmoorflächen (BioSt-NachV, Biokraft-NachV, RED)¹. Zudem existieren zahlreiche freiwillige Nachhaltigkeitsstandards (Forst: FSC, PEFC, Naturland etc.; Landwirtschaft: EU-Bio, Bioland etc.).

Im Folgenden werden die aktuellen Nachhaltigkeitsanforderungen für die Land- und Forstwirtschaft sowie für Biokraftstoffe und flüssige Bioenergieträger zusammenfassend dargestellt. Darauf aufbauend werden im Methodenteil zu Land- und Forstwirtschaft (3.2 und 4.2) ambitioniertere Nachhaltigkeitsanforderungen, die sich z.B. aus bestehenden politischen Zielen ableiten lassen und über die bestehenden Anforderungen hinausgehen, beschrieben. Diese ambitionierteren Annahmen dienen als Berechnungsgrundlage der einzelnen Szenarien zu den machbaren Ausbaupotenzialen.

2.2.2.1 Nachhaltigkeitsanforderungen an die Landwirtschaft

Nachhaltigkeitsanforderungen an die deutsche Landwirtschaft sind stark von der EU-Agrarpolitik beeinflusst (siehe Überblick zur Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) in Zeller et al. (2012)). Ihre Umsetzung gliedert sich in zwei Säulen. Nach der ersten Säule erhalten landwirtschaftliche Betriebsinhaber Direktzahlungen, die durch die hohen Standards im Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutz in der EU im Vergleich zu den Auflagen in Drittstaaten begründet werden. Die Direktzahlung ist zum Teil von der Einhaltung bestimmter Verpflichtungen abhängig (*Cross Compliance* (CC)-Bestimmungen)². Mittels der zweiten Säule werden Maßnahmen zur Entwicklung des ländlichen Raumes finanziell unterstützt.

Im Hinblick auf die Anbaupraxis umfassen *CC-Bestimmungen* Regelungen zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in „gutem landwirtschaftlichem und ökologischem Zustand“ (GLÖZ). Hierunter fallen Regelungen zum Bodenschutz (Schutz vor Erosion, Erhalt der organischen Substanz im Boden, Erhalt der Bodenstruktur) sowie ein Mindestmaß für die Instandhaltung von Flächen durch landschaftspflegerische Instandhaltungsmaßnahmen und Vermeidung einer Zerstörung von Lebensräumen³. Zudem ist ein Schutz von Dauergrünland vorgesehen⁴.

Im Rahmen der CC-Bestimmungen wird in der EG-Verordnung Nr. 73/2009 des Rates der EU, im Artikel 6, Anhang III die „Erhaltung des Anteils der organischen Substanz im Boden durch geeignete

¹ Im Folgenden werden die Regelungen, die im Hinblick auf Nachhaltigkeitsanforderungen inhaltlich identisch sind, als RED angesprochen (BioSt-NachV = Biomasse-Strom-Nachhaltigkeitsverordnung und Biokraft-NachV = Biomasse-Kraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung).

² U.a. EU-Richtlinien zur Erhaltung der wild lebenden Vogelarten, über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe, über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen und über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (siehe Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates).

³ Siehe Artikel 5 Absatz 1 und Anhang II und III, Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates.

⁴ Siehe Artikel 5 Absatz 2, Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates.

Praktiken“ gefordert. In der zugehörigen Direktzahlungsverpflichtungsverordnung⁵ sind zur Nachweisführung unterschiedliche Möglichkeiten für den Betrieb dargelegt. So muss bspw. auf betrieblicher Ebene das jährliche Anbauverhältnis auf Ackerflächen aus mindestens drei Kulturen bestehen, wobei jede Kultur einen Anteil von mindestens 15 % Flächenanteil ausmacht. Dies bedeutet aber auch, dass eine Kultur bis zu 70 % Flächenanteil annehmen kann.

Auf Bundesebene gilt zudem die *Düngeverordnung (DüV)*. Zweck dieser Verordnung ist es u.a., die Ernährung von Nutzpflanzen sicherzustellen und gleichzeitig die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten und zu verbessern. Nach § 4 Abs. 3 der DüV darf Wirtschaftsdünger tierischen Ursprungs (auch in Mischungen) nur so ausgebracht werden, dass die Menge an Gesamtstickstoff 170 kg pro Hektar und Jahr nicht überschritten wird. Bei Grünland und Feldgras liegt der Wert bei 230 kg Gesamtstickstoff pro Hektar und Jahr. Die Einhaltung dieser Grenzen muss mittels eines jährlichen betrieblichen Nährstoffvergleichs nachgewiesen werden.

2.2.2.2 Nachhaltigkeitsanforderungen an die Forstwirtschaft

Das *Landesforstgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (LFoG)* in der Fassung vom 24. April 1980 stellt heraus, dass Wälder im Rahmen einer nachhaltigen Forstwirtschaft zu nutzen sind. Eine nachhaltige Forstwirtschaft ist dadurch gekennzeichnet, dass „die Betreuung von Waldflächen und ihre Nutzung in einer Art und Weise erfolgt, dass die biologische Vielfalt, die Produktivität, die Verjüngungsfähigkeit, die Vitalität und die Fähigkeit, gegenwärtig und in Zukunft wichtige ökologische, wirtschaftliche und soziale Funktionen zu erfüllen, erhalten bleibt und anderen Ökosystemen kein Schaden zugefügt wird“ (§ 1a, LFoG 1980). Detailliert listet der §1b LFoG die Anforderungen an eine ordnungsgemäße Forstwirtschaft auf. Diese Anforderungen werden in der Umsetzung durch die „*Erste Verordnung zur Durchführung des Landesforstgesetzes*“ aus dem Jahr 1983 flankiert (Betriebspläne, Betriebsgutachten, Wirtschaftsplanung, etc.).

Über die bestehenden Regelungen hinaus befindet sich für den Staatswald in NRW derzeit ein *Alt- und Totholzkonzept* in der Abstimmung. Alte Bäume sowie Totholz spielen als Habitat-Strukturen für seltene und gefährdete Arten eine wichtige Rolle und tragen damit zum Erhalt der biologischen Vielfalt im Wald bei. Die Umsetzung des Konzepts bedeutet, dass ein Teil des Zuwachses nicht genutzt wird. Schon heute werden im Staatswald Anforderungen eingehalten (ca. 20 % verringerter Ertrag in Naturschutzgebieten und FFH-Gebieten, ca. 5 % verringerter Ertrag auf den übrigen Flächen), die voraussichtlich denen des Alt- und Totholzkonzeptes entsprechen (Landesbetrieb Wald und Holz NRW 2012a).

2.2.2.3 Schutzgebietskulisse

Nach BLE (2010) sind „die für Naturschutzzwecke ausgewiesenen Flächen in Deutschland alle durch oder aufgrund des Bundesnaturschutzgesetzes und der Naturschutzgesetze der Länder geschützte

⁵ In Deutschland werden die CC-Bestimmungen im Direktzahlungsverpflichtungsgesetz geregelt und in der Direktzahlungsverpflichtungsverordnung in Vorschriften umgesetzt.

Teile von Natur und Landschaft.“ Darunter fallen in NRW folgende nach Bundes- und Landesrecht geschützte Flächen:

- gesetzlich geschützte Biotope (§62),
- Natura 2000-Gebiete,
- Naturschutzgebiete,
- Nationalparke,
- Landschaftsschutzgebiete,
- Naturparke,
- Naturdenkmäler und
- geschützte Landschaftsbestandteile im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes vom 29. Juli 2009 (BGBl. I, S. 2542), das am 1. März 2010 in Kraft getreten ist.
- Teile der FFH-Gebiete sind auf Staatswaldflächen als Wildnisentwicklungsgebiete festgelegt. Naturwaldzellen sind forstrechtlich geschützt. Hierbei handelt es sich nicht um naturschutzrechtliche Schutzkategorien.

Diese Flächen spielen eine bedeutende Rolle für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland. Ihre Verteilung in NRW ist in **Abbildung 4** kartografisch dargestellt.

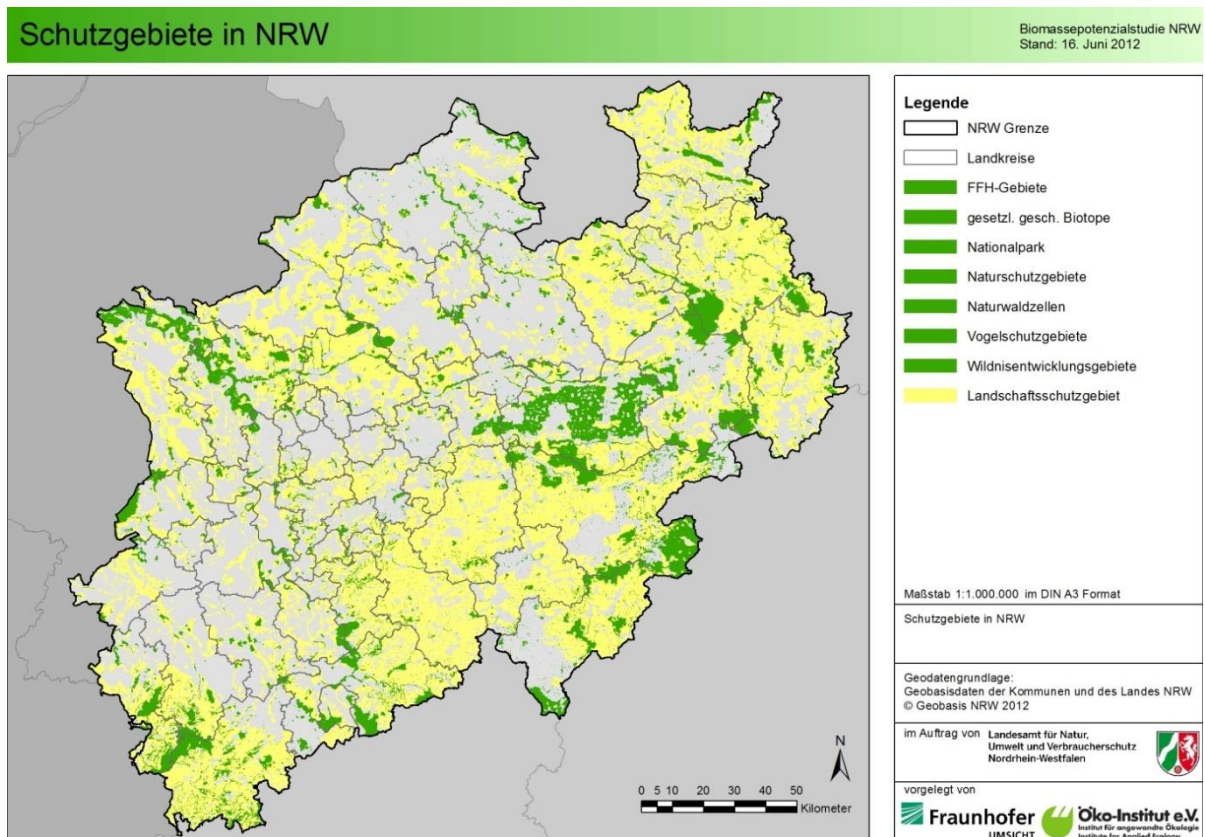


Abbildung 4: Schutzgebiete in NRW

Eine Biomassenutzung ist je nach Flächentyp und Schutzziel eingeschränkt. Landschaftsschutzgebiete, Naturparke, Naturdenkmäler sowie geschützte Landschaftsbestandteile wurden nicht berücksichtigt, da hier i.d.R. keine Einschränkungen für die Biomassenutzung gelten bzw. die Schutzobjekte sehr kleinflächig sind.

Die geschützten Flächen wurden mit den einzelnen Nutzungen verschnitten. Dabei wurden Überlagerungen der verschiedenen Schutzkategorien so berücksichtigt, dass die jeweils höheren Schutzanforderungen zu Grunde gelegt wurden. Das bedeutet, dass beispielsweise bei Ackerlandstandorten bei Überlagerung eines Naturschutzgebietes mit einem Vogelschutzgebiet nur die Naturschutzgebietsfläche angerechnet wurde, da diese den höheren Schutzgrad aufweist. Das Ergebnis beinhaltet den Anteil der Schutzgebietsfläche an den Flächennutzungen Acker- und Grünland sowie den Anteil der Flächen an der Gesamtfläche NRWs (**Tabelle 5**).

Tabelle 5: Anteile von Ackerland und Grünland in den geschützten Gebieten

	Ackerland	Grünland
Schutzgebietsfläche [ha]	115.622	137.739
Anteil an landwirtschaftlicher Fläche [%]	7,90	9,41
Anteil an Gesamtfläche NRW [%]	3,39	4,04

Demnach hat Ackerland mit für die Biomasseproduktion relevanten Schutzgebietskategorien einen Anteil von 3,4 % an der Gesamtfläche NRWs, Grünland etwa 4 %.

2.2.2.4 Nachhaltigkeitsanforderungen an die Bioenergie

In der *Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED)* werden für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe⁶ verpflichtende Anforderungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und zum Erhalt der biologischen Vielfalt und kohlenstoffreichen Fläche festgelegt. Hinzu kommen umfangreiche Monitoringaufgaben u.a. zu Boden, Wasser, sozialen Aspekten und indirekten Effekten durch die Verdrängung von vorheriger Landnutzung.

Laut der RED müssen Biokraftstoffe und flüssige Bioenergieträger eine Reduktion von Treibhausgasen von 35 % erzielen (dies gilt für Altanlagen erst ab 2013). Ab 2017 erhöht sich die geforderte THG-Reduktion für alle Anlagen auf 50 % und für Neuanlagen ab 2018 auf 60 %. Eine Verschärfung dieser Anforderungen wurde im Oktober 2012 von der EU-Kommission vorgeschlagen (60 % Reduktion für Neuanlagen bereits ab 2014) (EC 2012).

⁶ Als Biokraftstoffe gelten im Rahmen der RED laut der Spezifizierung der Europäischen Kommission (EC 2010a) alle flüssigen oder gasförmigen Kraftstoffe für den Verkehr, die aus Biomasse hergestellt werden. Flüssige Biobrennstoffe sind flüssige Brennstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden und für den Einsatz zu energetischen Zwecken, mit Ausnahme des Transports, bestimmt sind (EC 2010a). Dies bedeutet, dass die Nachhaltigkeitskriterien der RED für sämtliche flüssigen Bioenergieträger gelten, also im Transport-, Strom- und Wärmebereich. Für Biogas gelten sie lediglich für den Transportsektor. Für feste Bioenergieträger finden sie keine Anwendung.

Um negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt zu vermeiden, werden als flächenbezogene Anforderungen in Artikel 17 der RED bestimmte Flächen für die Herstellung von Biomasse zur Gewinnung von Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen ausgeschlossen (**Tabelle 6**). Auf Primärwaldflächen und natürlichem Grünland mit großer biologischer Vielfalt ist jegliche Produktion von Biomasse untersagt. Aus Schutzgebieten darf hingegen Biomasse stammen, sofern nachgewiesen wird, dass die Gewinnung des Rohstoffs den genannten Naturschutzzwecken nicht zuwiderläuft. Für künstlich geschaffenes Grünland mit großer biologischer Vielfalt besteht eine Nachweispflicht, dass die Ernte der Biomasse zur Erhaltung des Grünlandstatus erforderlich ist. Von Torfmoorflächen darf Biomasse nur dann stammen, wenn bei nicht entwässerten Torfmoorflächen keine Entwässerung und bei bereits teilweise entwässerten Torfmoorflächen keine weitere Entwässerung stattfindet. Als Referenzzeitpunkt zur Überprüfung dieser Anforderungen gilt Januar 2008 sowie die Zeit zwischen 2008 und dem Zeitpunkt der Biomassegewinnung. Die Anforderungen an die genannten Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse von Ausschlussflächen werden zudem im Rahmen des Standardisierungsverfahrens CEN/TC 383 des Europäischen Komitees zur Normierung (CEN) ausgearbeitet.

Für Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand (Feuchtgebiete, bewaldete Flächen) ist eine Nutzung der Biomasse grundsätzlich erlaubt, solange der Status der Flächen erhalten bleibt. Diese Regelung zielt auf den Erhalt des Kohlenstoffgehalts und nicht auf den Erhalt der biologischen Vielfalt ab. Hinzu kommt, dass die RED innerhalb der EU verlangt, dass die Anforderungen nach den Cross Compliance-Bestimmungen zu erfüllen sind (Kapitel 2.2.2.1).

Tabelle 6: Flächenbezogene Anforderungen der RED, Bestimmungen zur Nutzung und Ort der Regelung.

Kategorie	RED-Artikel	Nutzung möglich?	Regelung der Nutzung
Primärwälder	17.3(a)	Nein	RED
Schutzgebiete	17.3(b)	Ja	CEN/TC 383
Natürliches Grünland mit großer biologischer Vielfalt	17.3(c)(i)	Nein	RED
Künstlich geschaffenes Grünland mit großer biologischer Vielfalt	17.3(c)(ii)	Ja	CEN/TC 383
Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand	17.4	Ja	RED
Torfmoor	17.5	Ja	CEN/TC 383
Nachhaltige landwirtschaftliche Bewirtschaftung (innerhalb der EU)	17.6	Ja	Cross Compliance

In Deutschland wurde die RED in Form der Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (BioSt-NachV), der Verwaltungsvorschrift für die Anerkennung von Zertifizierungssystemen und Zertifizierungsstellen nach der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachVwV) und der Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraft-NachV) umgesetzt. Offene Punkte, die noch nicht auf EU-Ebene abschließend geklärt sind (z.B. Grünlanddefinition), werden im „Leitfaden Nachhaltige Biomasseherstellung“ konkretisiert, um Zertifizierungssystemen eine ausreichende Grundlage bereitzustellen (BLE 2010).

2.2.3 Gesetzliche Regelungen in der Abfallwirtschaft

Zahlreiche Gesetze regulieren die Abfallwirtschaft auf europäischer, Bundes- und Landesebene. Sie alle haben zum Ziel, schädliche Auswirkungen von Abfällen auf Mensch, Natur und Umwelt zu vermeiden. Dabei steht an erster Stelle den Anfall von Abfällen zu verringern, gefolgt vom ressourcenschonenden Recycling, der Verwertung und Beseitigung (**Abbildung 3**).

Eine wichtige europäische Rechtsvorschrift ist bspw. die EU-Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle (Abfallrahmenrichtlinie), deren oberste Priorität darin liegt, die nachteiligen Auswirkungen der Abfallerzeugung und -bewirtschaftung auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu minimieren. Ziel ist es, Maßnahmen zur Abfallvermeidung sowie Verwertung und Wiederverwendung zu stärken (Europäisches Parlament 2008).

Auf Bundesebene trat am 1. Juni 2012 das neue Kreislaufwirtschaftsgesetz „Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen“ (KrWG) in Kraft, welches die Vorgaben der europäischen Abfallrahmenrichtlinie in deutsches Recht umsetzt. Laut der §§30 bis 33 KrWG müssen die Bundesländer Abfallwirtschaftspläne erstellen und der Bund erstellt ein Abfallvermeidungsprogramm. Daneben regulieren weitere Gesetze und Verordnungen einzelne Stoffströme, wie bspw. die Klärschlammverordnung (AbfKlärV) oder die Bioabfallverordnung (BioAbfV).

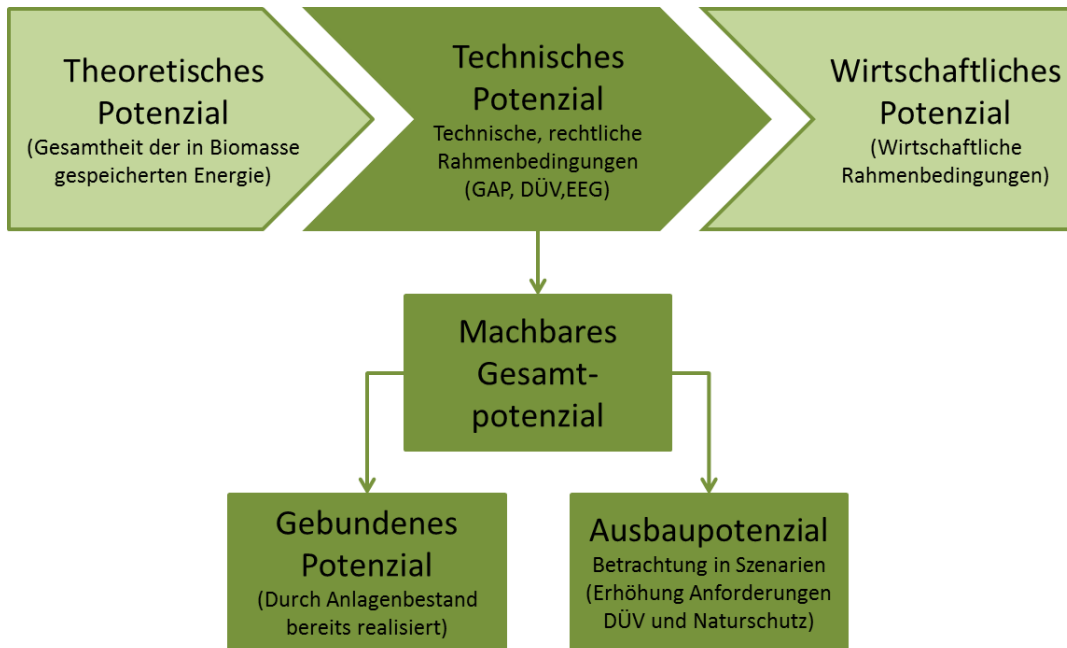
Auf Landesebene gilt das Abfallgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Landesabfallgesetz - LAbfG), welches die Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes in Einklang mit den Forderungen einer möglichst abfallarmen Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen und umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen bringen soll. Weiter haben Abfallsatzungen der Kommunen einen Einfluss auf die Abfallwirtschaft in NRW (z.B. Abfallsammlung, Behältergrößen, Abfallgebühren etc.).

Durch die umfangreichen gesetzlichen Vorschriften sind fast alle Abfallstoffe erfasst und werden einer ordnungsgemäßen Behandlung zugeführt. Eine höhere energetische Ausbeute ist daher meist nur durch Effizienzsteigerung in Abfallbehandlungsanlagen zu erwarten, oder durch die Umlenkung von Stoffströmen (z.B. Vergärung statt Kompostierung für Bioabfälle).

2.3 Allgemeine Potenzialdefinition

In dieser Studie werden das technische und machbare energetische Potenzial für die drei Sektoren Land-, Forst- und Abfallwirtschaft ermittelt (**Abbildung 5**). Die Sektoren stellen Phyto- und Zoomasse inklusive Folge- und Nebenprodukten zur energetischen Nutzung zur Verfügung. Die Substrate werden in den jeweiligen Kapiteln der Sektoren genauer definiert. Für das machbare Potenzial werden Spannbreiten aufgezeigt, in denen das Potenzial des jeweiligen Substrats bzw. Konversionspfades auch über längere Zeiträume erwartet werden kann.

Das theoretische und das wirtschaftliche Potenzial werden in dieser Studie nicht betrachtet. Das theoretische Potenzial hat in der Praxis eine geringe Bedeutung, da lediglich natürliche, physikalische Gegebenheiten einschränkend wirken. Das wirtschaftliche Potenzial unterliegt hohen Schwankungen und kann sich auch kurzfristig ändern, da wirtschaftliche Randbedingungen (z.B. Kosten fossiler Energieträger, steuerliche Aspekte etc.) einer teils hohen Veränderlichkeit unterliegen (Kaltschmitt 2009).



GAP: Gemeinsame Agrarpolitik der EU
 DÜV: Düngeverordnung
 EEG: Erneuerbare-Energien Gesetz

Abbildung 5: Überblick der Potenzialbegriffe (dunkelgrün: in der Studie berechnet)

Das *technische Potenzial* umfasst den Teil des theoretischen Potenzials, der unter Beachtung der aktuellen technischen Rahmenbedingungen nutzbar ist. Strukturelle wie auch rechtliche Rahmenbedingungen werden den technischen Aspekten als nicht überwindbar gleichgesetzt. Im Allgemeinen zeigen diese Rahmenbedingungen eine eher mäßige Dynamik, so dass das technische Potenzial geringen Schwankungen unterliegt. Das technische Potenzial beschreibt somit den möglichen Beitrag zur Energiebereitstellung, der zeit- und ortsabhängig aus technischer Sicht zur Verfügung gestellt werden kann (Kaltschmitt 2009).

Das *machbare Potenzial* umfasst einen Anteil des technischen Potenzials, der unter Hinzunahme spezifischer Annahmen als mögliche Zielgröße für die tatsächliche, langfristige Realisierung aufgefasst werden kann. Die einzelnen Annahmen für die unterschiedlichen Stoffströme werden in den entsprechenden Kapiteln beschrieben. Beim machbaren *Gesamtpotenzial* wird zudem zwischen bereits realisiertem (*gebundenem*) und noch verfügbarem Potenzial (*Ausbaupotenzial*) unterschieden. Dabei bezeichnet das gebundene Potenzial den Anteil, der ausgehend vom Anlagenbestand mit entsprechenden Kennziffern zur Anlagenleistung bereits erzeugt wird. Ermittelt wird das gebundene Potenzial in der Situationsanalyse (Kapitel 3.1, 4.1 und 5.1). Das Ausbaupotenzial wird im Rahmen einer Szenarien-Betrachtung über Spannweiten ausgewiesen (Kapitel 3.2, 4.2 und 5.2). In den Szenarien findet eine Variation möglicher Annahmen bspw. zur Düngeverordnung, den Naturschutzanforderungen oder einer erhöhten Mengenmobilisierung statt. Die Bilanzgrenze zur Potenzialermittlung bildet die Gemeinde, obwohl Stoffströme auch zwischen Gemeinden stattfinden. Für die Nährstoffbilanzen wird eine Gemeinde wie ein einzelner Betrieb behandelt.

Zudem werden für die Landwirtschaft die Begriffe *Flächenpotenzial* und *Substratpotenzial* verwendet. Das Flächenpotenzial ist die unter den jeweiligen Annahmen zur Verfügung stehende Fläche. Das

Substratpotenzial ist die Menge an Biomasse, die auf dieser Fläche unter den jeweiligen Annahmen erzeugt werden kann.

2.4 Biomassepotenzialberechnung und -darstellung

Es gibt eine Vielzahl möglicher Konversionsarten, durch die sich die energetische Nutzung von Biomasse auszeichnet. Diese können wahlweise hintereinander geschaltet und je nach Bedarf variiert werden (Kaltschmitt 2009). In der vorliegenden Studie sollen die Hauptpfade „Biogas“ und „thermochemische Konversion“ (Verbrennung) berücksichtigt und die gebräuchlichen Konversionsarten erfasst und beschrieben werden. Dafür werden in Deutschland betriebene, aktuelle Referenzanlagen als Verfahrensbeispiele herangezogen.

Die aktuelle Bioenergieproduktion und die energetischen Biomassepotenziale werden in produzierten bzw. produzierbaren Energiemengen ausgewiesen und beinhalten keine Netz- und Umwandlungsverluste nach den jeweiligen Energieerzeugungsanlagen. Ebenso werden keine Eigenstrom- und Eigenwärmeanteile berücksichtigt. Zur Einordnung des Eigenbedarfs wurden Daten zu Eigenstrom- und Eigenwärmeanteilen in der Literatur und bei Betreibern recherchiert bzw. für Bio- und Grünabfälle vom MKULNV bereitgestellt. Die Eigenverbräuche sind jedoch abhängig von der Anlagentechnik und der Situation am Standort. Weiter variieren sie stark mit dem Anlagentyp, dessen Alter und der Betriebsweise sowie den eingesetzten Substraten. Die Biomassepotenzialberechnung und -darstellung weist darum nur Größenordnungen der Eigenverbräuche aus (**Tabelle 7**). Sie liefert keine Aussage bspw. über den Nutzungsgrad der erzeugten Wärmemengen bei Abnehmern (insbesondere bei BHKW-Anlagen).

Für die Hauptbiomasseströme wurden die zu favorisierenden Verfahren definiert und nachfolgend als Referenzszenarien betrachtet. Für diese Referenzszenarien werden Berechnungsansätze, die mit den jeweiligen Experten abgesprochen wurden, zur Energiebereitstellung und zum Biomasse- und Hilfsstoffverbrauch hinterlegt (vgl. Kapitel 3.2, 4.2 und 5.2). Daraus lassen sich Aussagen zum In- und Output treffen. Dabei wurde zwischen den Konversionspfaden bestehender (Annahmen zu aktuellen Anlagencharakteristiken → Ist-Analyse) und zukünftiger Anlagen (wahrscheinliche Konversionspfade und Anlagencharakteristika → Potenzialanalyse) unterschieden.

Bei den komplexen Berechnungen der einzelnen Potenziale muss darauf hingewiesen werden, dass es in einzelnen Tabellen der Studie rundungsbedingt zu Abweichungen in der Summenbildung kommen kann.

Tabelle 7: Eigenstrom und Eigenwärmeanteile verschiedener Konversionsanlagen, eigene Messungen, Abschätzungen Auftragnehmer, SEV (2006)

Sektor	Konversionsanlage	Verbraucher Eigenstrom in [%] der produzierten Strommenge	Verbraucher Eigenwärmebedarf in [%] der produzierten Wärmemenge
LW	Biogasanlagen	5-15	5-25
FW	Private Holznutzung ¹⁾	-	-
	kleine und mittlere Feuerungsanlagen (< 1MW) ¹⁾	-	-
	Großfeuerungsanlagen	keine Angabe	keine Angabe
AW	Altholzverbrennungsanlagen ²⁾	20-25	-
	Kläranlagen mit Gasnutzung ³⁾	bis zu 100, z. T. muss noch Strom zugekauft werden	bis zu 100, im Sommer Wärmeüberschuss
	Klärschlammverbrennungsanlagen ³⁾	ca. 25	keine Angabe
	Deponiegasverwertungsanlagen (Block(heiz)kraftwerke) ⁴⁾	0	0
	Abfallvergärungsanlagen ⁵⁾	5-15	5-20
	Müllverbrennungsanlagen ⁶⁾	20-25	keine Angabe

¹⁾Da keine Stromproduktion erfolgt, gibt es keinen Eigenstrombedarf, geringe Stromverbräuche können für Zündung und Substratzufuhr notwendig sein. Anlagen benötigen keine Eigenwärme für die Wärmeproduktion. ²⁾Übernahme der Abschätzung von Müllverbrennungsanlagen. ³⁾Strom- und Wärmeverbrauch Kläranlagen und Klärschlammverbrennungen je nach Aufbau für Belüftung Klärschlammbecken (Biologie) und Klärschlamm Trocknung oft bis zu 100 % (Wupperverband 2011, Freiamt 2007, Innovatherm 2007). ⁴⁾Nur Stromverbrauch außerhalb des betrachteten Systems (Pumpen, Sickerwasser). ⁵⁾Übernahme der Abschätzung von Biogasanlagen, Verbräuche bei Abfallvergärungsanlagen eher höher. ⁶⁾stark abhängig von der Anlagentechnik, keine Abschätzung für Wärmebedarf bekannt

2.5 Projektarbeitsgruppe und Fachgespräche

Die in die Studie eingeflossenen Daten sowie die Methoden wurden in einem offenen Dialog in einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) vorgestellt und präsentiert. Diese wurde zur fachlich-wissenschaftlichen Beratung der Studienbearbeiter und zur Validierung der Methodik und der Ergebnisse eingerichtet. Insgesamt bestand die PAG aus 33 Mitgliedern inklusive der Projektmitarbeiter. Die Arbeitsgruppe war mit Vertretern der Landesregierung, der nachgeordneten Behörden (z.B. Landesbetrieb Wald und Holz NRW, Landwirtschaftskammer NRW etc.), der Regionalplanung, der kommunalen Spitzenverbände, der Energieagentur.NRW sowie Interessensverbänden (z.B. Landesverband Erneuerbare Energien NRW e.V., Bundesverband der deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V., Landesbüro der Naturschutzverbände etc.) besetzt.

Neben den Treffen der PAG wurde eine Reihe von Gesprächen mit Experten aus Land-, Forst- und Abfallwirtschaft geführt, die sich unter anderem mit Themen wie Nutzungskonkurrenzen in der Landwirtschaft, dem Waldpotenzial, Berücksichtigung von Naturschutzaspekten, dem Potenzial von Landschaftspflegematerial und der Ausweisung von Potenzialen der Abfallwirtschaft beschäftigten.

Die getroffenen Annahmen in dieser Studie basieren auf den Expertengesprächen und Projektarbeitsgruppentreffen und können daher als solide Berechnungsgrundlage bewertet werden.

2.6 Nutzungskonkurrenzen

Eine Nutzungskonkurrenz kann sich in Form einer Konkurrenz um Flächen (hier: Land- und Forstwirtschaft) als auch um Ressourcen (hier: Land-, Forst- und Abfallwirtschaft) äußern. Nutzungskonkurrenzen entstehen, wenn die nachgefragte Biomasse in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt (stofflich oder energetisch), oder auf einer Fläche Biomasse für verschiedene Zwecke (Nahrungs-, Futtermittel oder Energieträger für eine Biogasanlage) produziert werden kann. Die Biomassenachfrage kann als globaler (z.B. Weltmarkt für Getreide, Tierprodukte oder Rundholz) sowie lokaler Treiber (Grünfutter, Biogassubstrat für neue Biogasanlage, Energieholz für ein Heizkraftwerk) wirken und führt zu einem Muster der Flächenbelegung und der Biomassenutzung. Dabei stellen land- und forstwirtschaftliche Flächen sowie die auf ihnen produzierte Biomasse weltweit und in Deutschland eine begrenzte Ressource dar (UBA 2012c, Leopoldina 2012).

Ein weiterer wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit Nutzungskonkurrenzen sind Verdrängungseffekte. Wenn eine vorherige Biomassenutzung wie Futteranbau durch eine neue energetische Nutzung verdrängt wurde, der Bedarf an Futtermitteln aber immer noch besteht, muss diese Menge an Futter auf einer anderen Fläche produziert werden. Dies kann dann beispielsweise zum Umbruch von Dauergrünland (trotz Dauergrünlanderhaltungsverordnung - DGL-VO NRW) oder zur Verdrängung von Nahrungsmittelanbau in einem Drittland führen. Diese sogenannten indirekten Effekte und resultierenden negativen Auswirkungen auf Nahrungssicherheit, Umweltgüter (Biodiversität, Luft, Boden, Wasser) und Treibhausgasemissionen sind nur schwer bzw. nicht zu kontrollieren (Fritsche/Wiegmann 2011). Neben negativen indirekten Effekten können auch positive indirekte Effekte auftreten. Beispielsweise kann eine Verringerung von Exporten an günstigen Lebensmitteln dazu führen, dass in den betreffenden Entwicklungsländern eine inländische Lebensmittelproduktion gefördert wird.

Nach Einschätzung des Bundesverbandes Erneuerbare Energie e.V. (BEE) überwiegen die positiven Effekte der energetischen Biomassenutzung. Das Umweltbundesamt (UBA) vertritt die gegenteilige Meinung und fordert darum einen Stopp des weiteren Ausbaus der energetischen Nutzung von Anbaubiomasse (UBA 2012c).

In diesem Zusammenhang wurden von der EU-Kommission (EC 2012) Maßnahmen vorgeschlagen, die indirekte Effekte durch den Anbau von Biomasse zur Herstellung von Biokraftstoffen verringern sollen. Hierzu zählt die Förderung von Biomasseströmen ohne Nutzungskonkurrenzen wie Abfällen und Reststoffen, von denen keine indirekten Effekte erwartet werden. Auch durch eine Deckelung der Verwendung von stärke-, zucker- und ölhaltigen Feldfrüchten als Ausgangssubstrat⁷ sollen Nutzungskonkurrenzen verringert werden (EC 2012).

Das Thema Nutzungskonkurrenzen ist im Zusammenhang mit der Nutzung von Biomasse, insb. von Anbaubiomasse aus der Landwirtschaft zur Energiegewinnung, sehr bedeutend. Darum wird im Anschluss an die einzelnen Kapitel zu Land-, Forst- und Abfallwirtschaft die Nutzung der ausgewiesenen Potenziale unter diesem Aspekt kurz andiskutiert. Eine umfangreichere Analyse von Nutzungskonkurrenzen in der Landwirtschaft findet sich darüber hinaus im Anhang I.

⁷ Vorschlag der EU-Kommission: Biokraftstoffe aus diesen Substraten dürfen maximal 5 % der Beimischungsquote in EU-Länder annehmen.

3 Landwirtschaft

3.1 Situationsanalyse Landwirtschaft

In Nordrhein-Westfalen findet die energetische Nutzung von Biomasse aus der Landwirtschaft überwiegend in Biogasanlagen statt. Daneben sind eine Bioethanol-Anlage mit einer Gesamtkapazität von 60.000 m³/a sowie fünf Biodieselproduktionsanlagen mit einer Gesamtkapazität von 750.000 t/a in Betrieb. Diese werden hier nicht betrachtet, da der Sektor Verkehr nicht Inhalt dieser Studie war. Aktuell wird keine großmaßstäbliche Strohverbrennungsanlage betrieben. Einzelne Landwirte haben kleinere Anlagen in Betrieb, die jedoch in keiner Statistik enthalten sind.

3.1.1 Biogasanlagen

Als Datengrundlage zur Erfassung der Biogasanlagen in Nordrhein-Westfalen wurde seitens der Landwirtschaftskammer NRW ein Auszug aus der Biogas-Betreiberdatenbank NRW (LWK 2012) bereitgestellt. Dieser weist den Anlagenbestand zum 1. Juni 2012 aus.

Die darin enthaltenen Biogasanlagen werden von den Betreibern freiwillig an die Landwirtschaftskammer gemeldet. Um einen möglichst vollständigen Biogasanlagenbestand auszuweisen, wurde in Absprache mit der Landwirtschaftskammer NRW folgendes Vorgehen gewählt:

- Insgesamt sind 458 Biogasanlagen mit einer gesamten installierten Anlagen-Leistung von 190 MW erfasst.
- Von weiteren 61 Anlagen ist der Standort bekannt. Diesen Anlagen wird jeweils die durchschnittliche Biogasanlagenleistung des Kreises zugeordnet.
- Weiterhin wird seitens der Landwirtschaftskammer davon ausgegangen, dass 10 % der Biogasanlagen der Landwirtschaftskammer nicht gemeldet wurden.
- Insgesamt kann somit von einem Bestand von 571 Biogasanlagen ausgegangen werden. Dies deckt sich mit den aktuellen Zahlen der Agentur für Erneuerbare Energien, die von 550 Biogasanlagen in NRW im Jahr 2012 ausgeht (AEE 2012a).
- 519 Biogasanlagen können einer Gemeinde in NRW zugeordnet werden. Von diesen werden 28 Anlagen mit Kofermenten betrieben und dem Abfallbereich zugeordnet (s. Kapitel 5.1.4.2), so dass 491 Biogasanlagen der Landwirtschaft zugeschrieben werden.

In **Abbildung 6** ist der landwirtschaftliche Biogasanlagenbestand (491 Biogasanlagen) auf Kreisebene dargestellt.

Biogasanlagenbestand in NRW je Kreis

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 15. Juni 2013

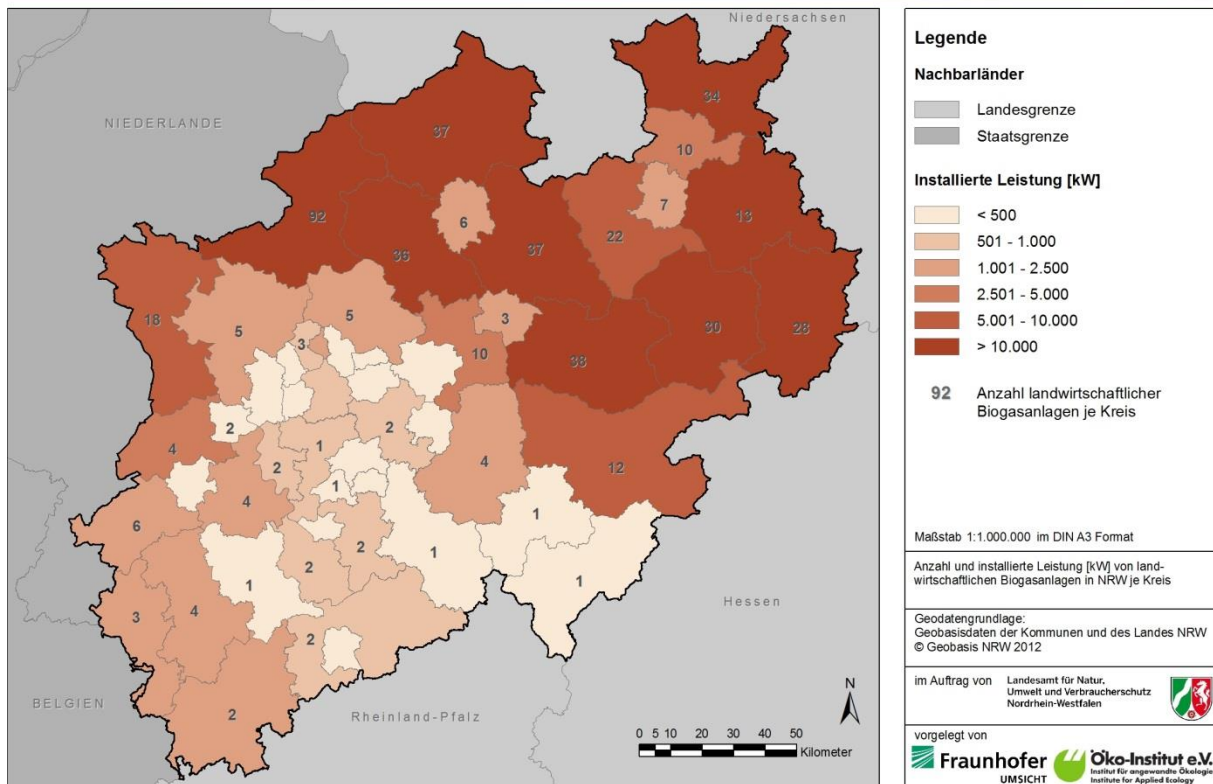


Abbildung 6: Biogasanlagenbestand in NRW je Kreis, Datenstand: 1. Juni 2012

3.1.2 Substrateinsatz Biogasanlagen

Als Datengrundlage für die Berechnung des Substrateinsatzes dient ebenfalls der Datensatz der Biogas-Betreiberdatenbank der LWK. Über die in **Tabelle 8** dargestellten Einsatzhäufigkeiten der Substrate in den Biogasanlagen NRWs, der Substratanteile und der Anzahl der Anlagen, die auf Regierungsbezirksebene vorlagen, wurden die Einsatzmengen in NRW für die einzelnen Planungsregionen abgeleitet. Nach **Tabelle 8** gilt z.B. für Silomais: In etwa 97 % der Anlagen wird Silomais eingesetzt. Der Anteil Silomais am Gesamtsubstrat beträgt ca. 45 %. Damit ist Silomais mit 82 % das häufigste Nawaro-Substrat.

In Verbindung mit kreisscharfen Angaben zu potenziell erzielbaren Erntemengen kann abgeleitet werden, dass in NRW bereits auf ca. 66.000 ha Silomais zur Nutzung in Biogasanlagen produziert werden. Auf weiteren ca. 19.000 ha werden andere Energiepflanzen (inkl. Grassilage aus Grünland) für die Vergärung in Biogasanlagen angebaut. Die Zahlen beziehen sich auf den Biogasanlagenbestand zum 1. Juni 2012. Die amtliche Statistik der Landwirtschaftszählung weist im Vergleich 2010 ca. 160.000 ha Silomaisanbau aus, der auch die Produktion für die Nutzung als Tierfutter enthält. Für die einzelnen Planungsregionen differenziert sich der Anbau wie in **Tabelle 9** dargestellt. Auf Kreisebene ist das Ergebnis in **Abbildung 7** dargestellt. Der Einsatz von Gras aus Dauergrünland ist mit lediglich ca. 1 % vernachlässigbar.

Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 3 - Bioenergie

Landwirtschaft

Tabelle 8: Eingesetzte Substrate und Einsatzhäufigkeit in NRW (Datenquelle: LWK)

Substrat	Substratart	Substratan- teil [%]	Substratanteil / Substratart [%]	Einsatzhäufig- keit [%]
Silomais	Nawaro	45,3	81,5	96,9
Grünroggen	Nawaro	2,7	4,9	40,3
Zuckerrüben	Nawaro	1,9	3,4	18,4
Grassilage	Nawaro	1,6	2,9	31,1
Zwischenfrüchte	Nawaro	1,2	2,2	18,9
Getreide-GPS	Nawaro	1,2	2,2	19,4
sonst. Nawaro	Nawaro	0,7	1,3	8,2
pflanzl. Nebenprodukte	Nawaro	0,6	1,1	1,0
Getreidekörner	Nawaro	0,4	0,7	12,2
Schweinegülle	Wirtschaftsdünger	18,3	41,2	67,3
Rindergülle	Wirtschaftsdünger	13,8	31,1	51,0
Rindermist	Wirtschaftsdünger	5,9	13,3	45,9
Hähnchenmist	Wirtschaftsdünger	2,1	4,7	24,5
Putenmist	Wirtschaftsdünger	1,4	3,2	14,8
Legehennenkot	Wirtschaftsdünger	1,0	2,3	14,3
Pferdemist	Wirtschaftsdünger	0,7	1,6	11,7
Schweinemist	Wirtschaftsdünger	0,6	1,4	15,8
sonst. Wirtschaftsdünger	Wirtschaftsdünger	0,6	1,4	4,6

Tabelle 9: Bereits für die Produktion von Biogassubstraten genutzte Ackerflächen/AF (eigene Berechnung auf Basis von Daten der LWK)

Planungsregion	AF [ha]	Anbau Silomais [ha]	Anteil Silo- mais/AF [%]	Anbau anderer Energiepflanzen [ha]	Anteil aller Energiepflanzen/AF [%]
Münster	305.364	24.330	8,0	9.370	11,0
Detmold	256.928	22.120	8,6	4.246	10,3
Arnsberg	90.276	7.555	8,4	2.230	10,8
RVR	100.439	2.713	2,7	951	3,6
Düsseldorf	121.563	4.543	3,7	1.914	5,3
Köln	177.757	4.711	2,6	310	2,8
NRW	1.052.327	65.972	6,3	19.021	8,1

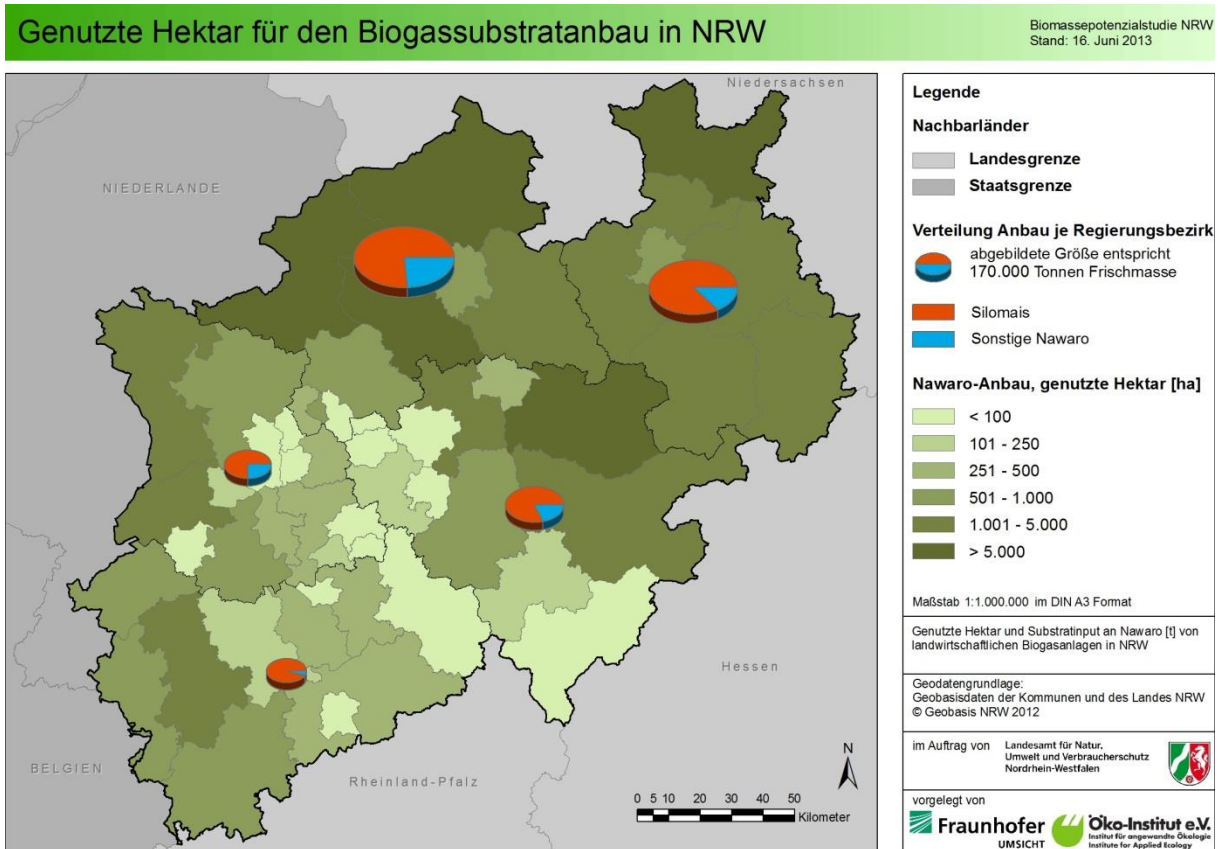


Abbildung 7: Genutzte Hektar und Substratinput an Nawaro für Biogasanlagen in NRW (eigene Berechnung auf Basis von Daten der LWK)

Auf den genannten Flächen werden unter Berücksichtigung der kreisspezifischen Hektarerträge der eingesetzten Substrate etwa 3,4 Mio. t Substrat für die Biogasnutzung angebaut. Ausgedrückt in Strom- und Wärmemengen ergibt sich für NRW, dass bereits 1,2 TWh Strom und 1,4 TWh Wärme pro Jahr aus Anbaubiomasse erzeugt werden (**Tabelle 10**). Die Berechnungen erfolgten analog zu den Potenzialberechnungen (siehe Berechnungsvorschrift Konversionspfad Biogas, 3.2.1). Die bereits in Biogasanlagen genutzten Mengen Wirtschaftsdünger sind in **Tabelle 11** dargestellt.

Tabelle 10: Stand der Strom- und Wärmeerzeugung aus Anbaubiomasse in NRW (eigene Berechnungen auf Basis von Daten der LWK)

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	449.950	556.518
Detmold	364.601	450.954
Arnsberg	133.300	164.871
RVR	49.335	61.019
Düsseldorf	87.472	108.189
Köln	74.870	92.602
NRW	1.159.528	1.434.152

Tabelle 11: Stand der energetischen Nutzung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen (eigene Berechnung auf Basis von Daten der LWK)

Planungsregion	Wirtschaftsdünger Schwein [t/a]	Wirtschaftsdünger Rind [t/a]	Wirtschaftsdünger Geflügel [t/a]	Wirtschaftsdünger Gesamt [t/a]
Münster	522.261	396.723	88.295	1.007.279
Detmold	329.195	401.716	141.250	872.161
Arnsberg	158.670	94.831	101.477	354.978
RVR	50.590	49.572	24.514	124.676
Düsseldorf	56.071	139.186	25.079	220.337
Köln	322	78.353	11.730	90.405
NRW	1.117.109	1.160.382	392.345⁸	2.669.835

Die Mengen an Wirtschaftsdüngern wurden über substratspezifische Biogaserträge (KTBL 2012) und BHKW-Wirkungsgrade von 38 % elektrisch und 47 % thermisch in Energieerträge umgerechnet. Ausgedrückt in Strom- und Wärmemengen ergibt sich für NRW, dass 0,3 TWh Strom und 0,3 TWh Wärme pro Jahr aktuell aus Wirtschaftsdüngern erzeugt werden (**Tabelle 12**).

Tabelle 12: Stand der Strom- und Wärmeerzeugung aus Wirtschaftsdüngern in NRW (eigene Berechnung auf Basis von Daten der LWK)

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	81.642	100.979
Detmold	85.824	106.151
Arnsberg	40.346	49.902
RVR	12.751	15.771
Düsseldorf	21.326	26.377
Köln	9.982	12.347
NRW	251.871	311.527

3.1.3 Aktuelle Strom- und Wärmeproduktion aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Insgesamt errechnet sich für Nordrhein-Westfalen eine aktuelle Produktion von 1,4 TWh Strom und 1,7 TWh Wärme aus Biogas (**Tabelle 13**). Auf Kreisebene ist die Strom- und Wärmeproduktion in **Abbildung 8** und **Abbildung 9** dargestellt.

⁸ Enthält Importe, die nicht explizit ausweisbar sind.

Tabelle 13: Stand der Strom- und Wärmeerzeugung aus Biogasanlagen in NRW (Stand 1. Juni 2012)

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	531.592	657.496
Detmold	450.425	557.104
Arnsberg	173.646	214.772
RVR	62.086	76.790
Düsseldorf	108.798	134.566
Köln	84.852	104.948
NRW	1.411.399	1.745.677

Da davon ausgegangen wird, dass ca. 10 % der Biogasanlagen nicht bei der LWK gemeldet sind, kann die tatsächlich produzierte Menge an Energie ebenfalls um 10 % höher liegen, sofern die höhere Anlagenanzahl zu einer ebenso erhöhten Energieproduktion führt. Da es sich hierbei lediglich um eine Schätzung handelt, gehen nur die gesicherten Daten in die weiteren Berechnungen zum Gesamtpotenzial ein (Kapitel 3.4). Es ist zu beachten, dass ein Teil der erzeugten Wärme als Eigenwärme – insbesondere für die Fermenterheizung – verbraucht wird. Von der restlichen erzeugten Wärme wird derzeit zudem nur ein Teil extern, bspw. über Fernwärmesysteme genutzt (siehe auch Kapitel 2.4).

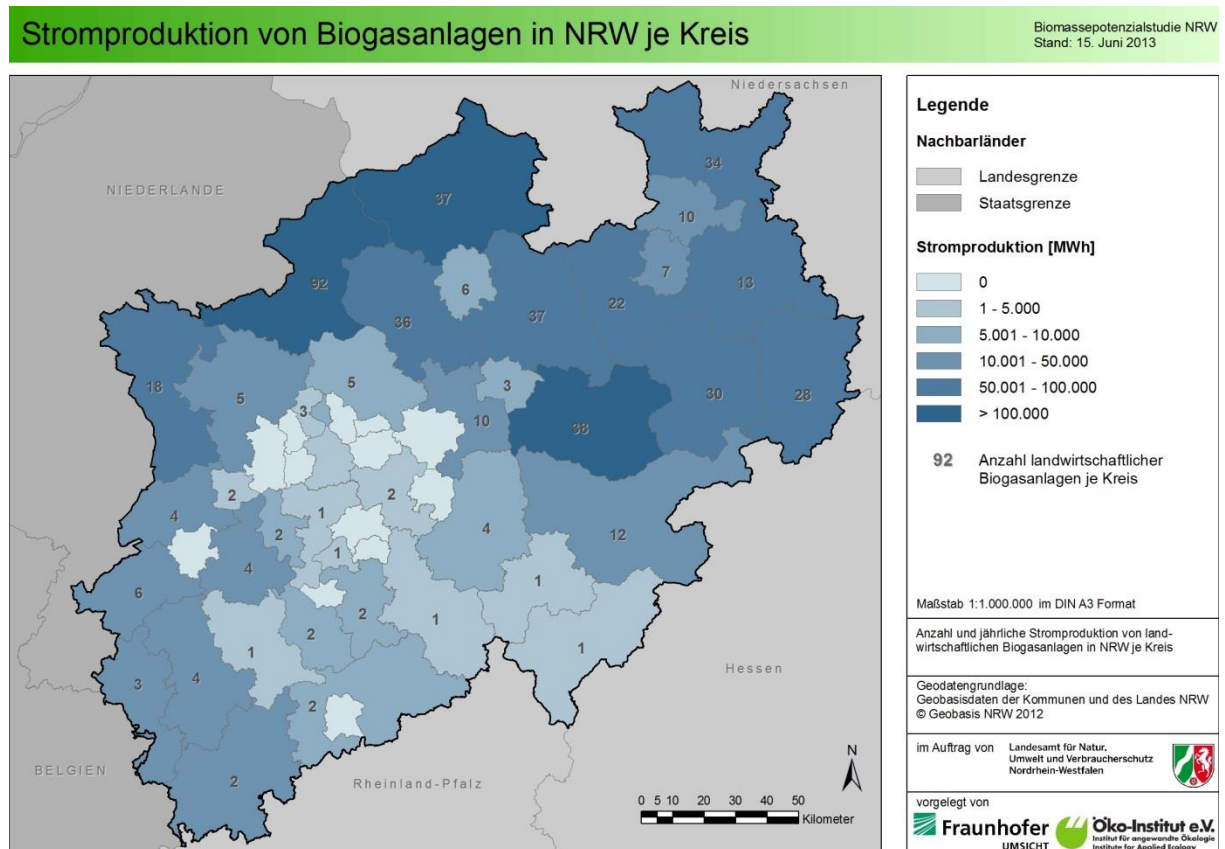


Abbildung 8: Stromproduktion der landwirtschaftlichen Biogasanlagen in NRW je Kreis (Stand 1. Juni 2012)

Wärmeproduktion von Biogasanlagen in NRW je Kreis

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 15. Juni 2013

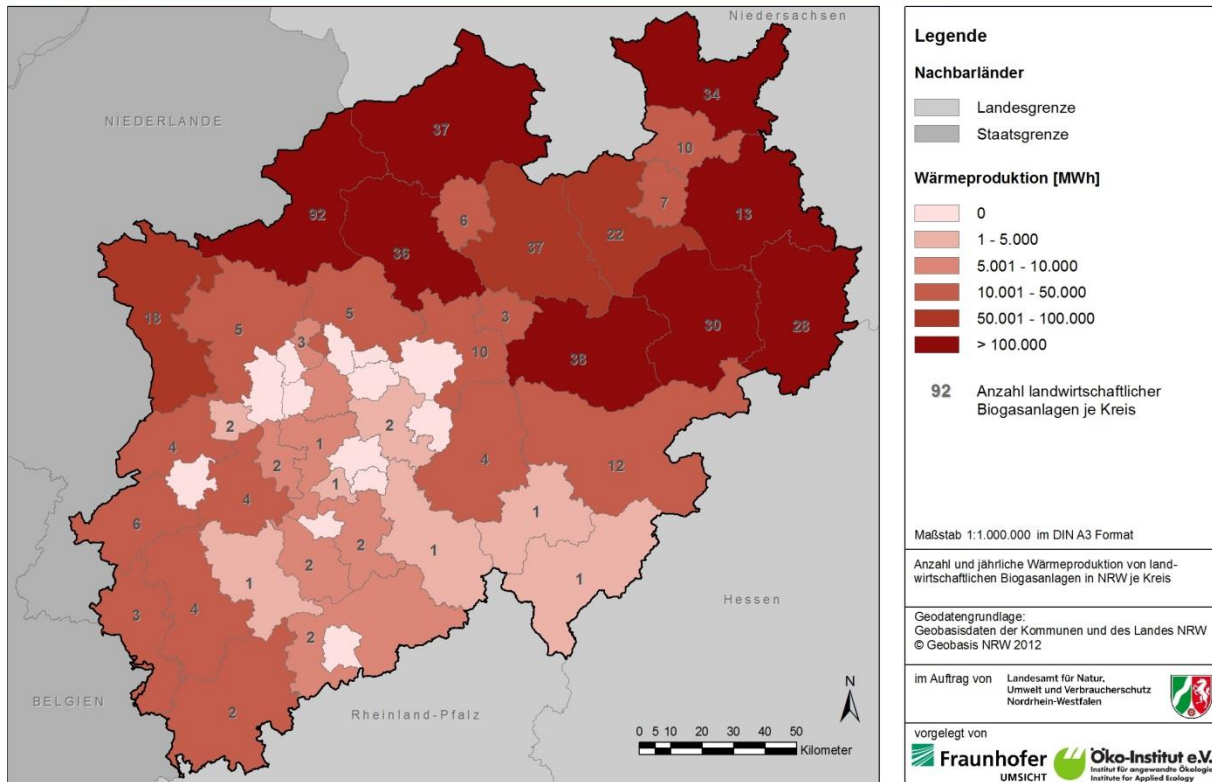


Abbildung 9: Wärmeproduktion der landwirtschaftlichen Biogasanlagen in NRW je Kreis (Stand 1. Juni 2012)

3.2 Methodik Potenzialberechnung Landwirtschaft

Im Folgenden wird die Methodik der Potenzialberechnungen für die Landwirtschaft beschrieben. Betrachtet werden in den entsprechenden Unterkapiteln die Substrate Anbaubiomasse (hier: Energiepflanzen, die speziell zur Erzeugung von Bioenergie angebaut werden sowie Erträge von Dauergrünland), Wirtschaftsdünger und Erntenebenprodukte. Als Konversionspfade werden Biogaserzeugung und Verbrennung von Biomasse abgebildet.

3.2.1 Berechnungsgrundlagen Anbaubiomasse für die Biogaserzeugung

Das grundlegende Vorgehen zur Potenzialbestimmung für den Stoffstrom Anbaubiomasse und Grünland ist **Abbildung 10** zu entnehmen. Die Berechnung beginnt bei der Darstellung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, entnommen aus der Landwirtschaftszählung 2010. In Abhängigkeit von der prozentualen Flächenverfügbarkeit der landwirtschaftlichen Flächen erfolgt die gemeindegrenzscharfe Berechnung von Flächenpotenzialen [ha] für die unterschiedlichen Potenzialkategorien (theoretisches, technisches, machbares Potenzial). Im nächsten Schritt werden die Flächen für die Bilanz mit Substraten für die Biogaserzeugung belegt. Die Substrate bzw. der Substratmix sind wiederum abhängig von der Potenzialkategorie (Kap. 3.2.1.1). Aus diesem Berechnungsschritt werden die Potenziale von Biomasse abgeleitet (Substratpotenzial). Auf Basis der Substratpotenziale, ausgedrückt in Tonnen Frischmasse (t_{FM}), erfolgen die Berechnungen der energetischen Potenziale über technische Parameter für Strom und Wärme in Kilowattstunden/Jahr (KTBL 2012). Häufig sind die Gemeindedaten auf-

grund der gesetzten Erfassungsgrenzen und Schutz von personenbezogenen Daten unvollständig. Es erfolgte daher ein Abgleich mit den Kreisdaten, um einen möglichst vollständigen Datensatz zu generieren.

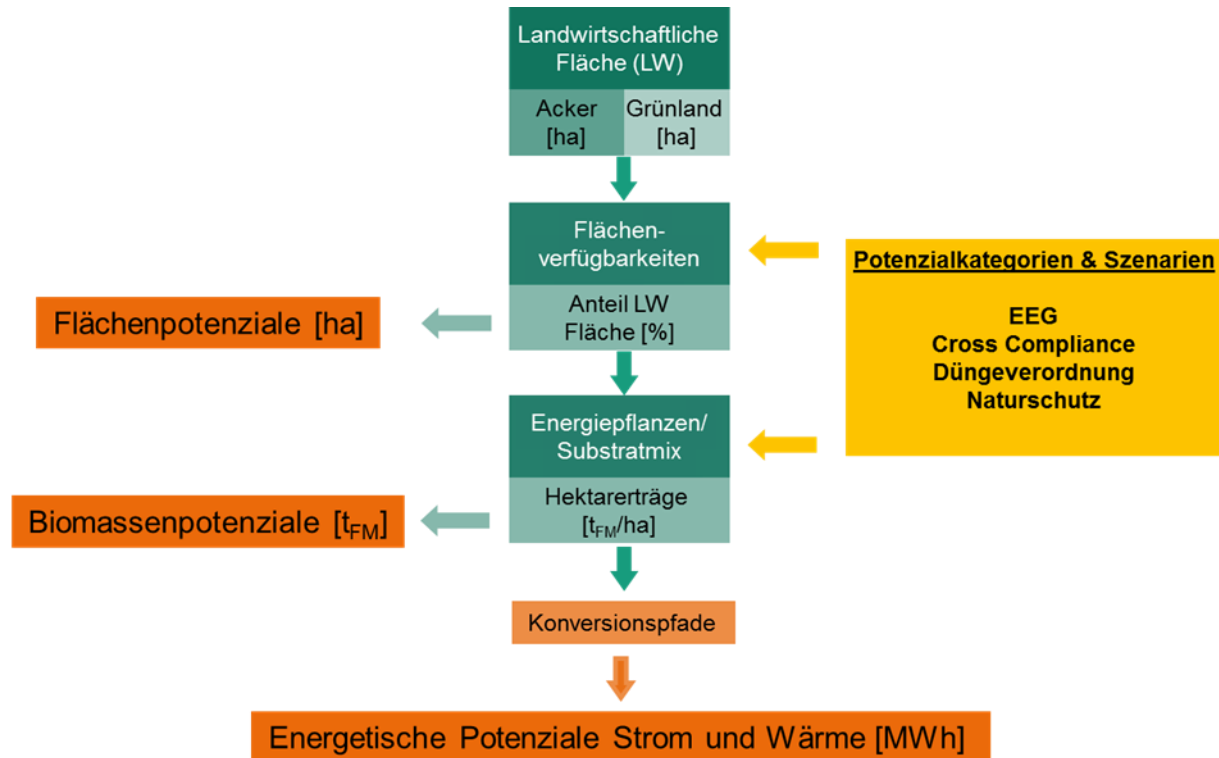


Abbildung 10: Berechnungsschema zur Bestimmung der Strom- und Wärmepotenziale über den Technologiepfad Biogas aus Anbaubiomasse

Berechnungsvorschriften Konversionspfad Biogas

Zur Bestimmung der Flächenpotenziale wird die aktuelle landwirtschaftliche Bodennutzung aus der Agrarstrukturerhebung entnommen und gemeindescharf ausgewertet. Die verfügbare Fläche wird in jedem Szenario als prozentualer Faktor ermittelt (vgl. Kapitel 3.2.1.1). Das Flächenpotenzial für nachwachsende Anbaubiomasse einer Gemeinde errechnet sich wie folgt:

$$\text{Flächenpotenzial [ha]} = \text{Ackerbaufläche [ha]} * \text{Faktor verfügbare Fläche [-]}$$

Das Flächenpotenzial für Anbaubiomasse multipliziert mit den zu erwartenden Hektarerträgen ausgewählter Kulturen ergibt die potenzielle jährliche Erntemenge in Tonnen Frischmasse (t_{FM}) (Substratpotenzial). Die zu erwartenden Hektarerträge wurden als Fünfjahresmittel (2006-2010) aus der Erntestatistik gemeindescharf für die Berechnung herangezogen.

$$\text{Substratpotenzial}_{FM} [t] = \text{Flächenpotenzial [ha]} * \text{Hektarertrag [t/ha]}$$

Über das Substratpotenzial sowie die (organischen) Trockensubstanzgehalte lassen sich die Biogaspotenziale und abschließend die jährlichen Mengen Strom und Wärme aus der Nutzung des Biogases errechnen.

$$\text{Biogasertrag [Nm}^3\text{]} = \text{Substratpotenzial [t]} * \text{Faktor TS-Gehalt [-]} * \text{Faktor oTS-Gehalt [-]} * \text{Gasausbeute [Nm}^3\text{/t]}$$

Die einzelnen Energiepflanzen weisen unterschiedliche Gasausbeuten und Methangehalte pro Gewichtseinheit auf. Für die Bilanzierung wurden die ertragsstarken Substrate Silomais und Getreide-Ganzpflanzensilage (Getreide-GPS) ausgewählt. Silomais ist das mit Abstand am häufigsten eingesetzte Biogassubstrat. Sein Einsatz ist aber durch das EEG begrenzt („Maisdeckel“, max. 60 % des Substratmixes). Getreide-GPS kann auf sehr vielen Standorten eingesetzt werden und Silomais ergänzen. Es ergeben sich für die beiden bilanzierten Energiepflanzen folgende Gasausbeuten (KTBL 2012; **Tabelle 14**):

Tabelle 14: Substratkennwerte Biogaserzeugung (KTBL 2012)

Substrat	TS-Gehalt [%]	davon oTS [%]	Gasausbeute [Nm ³ /t]	Methangehalt [%]
Maissilage	33	95	650	52
Getreide-GPS	33	95	620	53

Für den letzten Berechnungsschritt, die Bestimmung der elektrischen und thermischen Energie, sind der Methangehalt, der Heizwert (9,94 kWh/Nm³ Biomethan) und der elektrische (38 %) bzw. thermische Wirkungsgrad (47 %) (KTBL 2010) mit dem Biogasertrag zu multiplizieren.

$$\text{Energie}_{\text{elekt/therm}} [\text{kWh}] = \text{Biogasertrag [Nm}^3\text{]} * \text{Faktor Methangehalt [-]} * \text{Heizwert [kWh/Nm}^3\text{]} * \text{Wirkungsgrad [-]}$$

3.2.1.1 Potenzialbegriff Anbaubiomasse

Für den Stoffstrom Anbaubiomasse gelten in der vorliegenden Studie die in **Abbildung 11** dargestellten Potenzialbegriffe. Auf die Darstellung des theoretischen Potenzials wird hier verzichtet, da sich für die vorliegende Studie keine praktische Relevanz ergibt (vgl. Kapitel 2.3).



Abbildung 11: Potenzialbegriffe Anbaubiomasse

3.2.1.2 Technisches Potenzial Anbaubiomasse

Im technischen Potenzial gilt die Annahme, dass es grundsätzlich möglich ist, auf jeder landwirtschaftlichen Fläche Biomasse für die energetische Nutzung anzubauen. Reduzierend auf dieses Flächenpotenzial wirken rechtliche wie strukturelle Randbedingungen, die weitestgehend und zumindest mittelfristig als nicht überwindbar gelten (vgl. Definition in Kapitel 2.3). Für die Flächenbelegung mit Substraten zur Bioenergieproduktion werden als strukturell rechtliche Randbedingungen in dieser Studie das EEG 2012, die Cross Compliance-Regelungen sowie die Düngeverordnung herangezogen (siehe auch Kapitel 2.2).

EEG und Cross-Compliance: Das EEG 2012 besagt, dass max. 60 Massenprozent des Substrat-Inputs einer Anlage aus Maissilage bestehen darf. In den Berechnungsannahmen wird eine Gemeinde bzw. ein Kreis wie eine einzelne Biogasanlage betrachtet. Unter der Berücksichtigung der Wirtschaftsdüngermengen wird der Maisinput darum bei 60 Massenprozent je Gemeinde gedeckelt. Dies hat zur Folge, dass auch der Flächenanteil für Mais in der Gemeinde (dem Kreis etc.) gedeckelt wird. Kombiniert wird dieser Berechnungsschritt mit den Regelungen nach Cross Compliance. Diese besagen, dass eine dreigliedrige Fruchtfolge eingehalten werden muss, wobei zwei Kulturen mindestens einen Anteil von jeweils 15 % umfassen müssen (vgl. auch Kapitel 2.2).

Düngeverordnung: Anschließend erfolgt eine Prüfung, ob die Bestimmungen der Düngeverordnung bezüglich der Einhaltung der Nährstoffsalden für die einzelnen Gemeinden eingehalten werden. Im technischen Potenzial gelten die Beschränkungen, die durch die aktuelle Düngeverordnung vorgegeben werden. Die Ausbringungsgrenzen für organischen Stickstoff liegen demnach bei 170 kg N_{org}/ha für Ackerland und 230 kg N_{org}/ha für Grünland (vergl. Kapitel 2.2.2.1). Die Berechnung des Biogaspotenzials beruht auf der Substitutionsmöglichkeit von Mineraldünger durch Gärreste sowie der Ausschöpfung der Bilanzüberschüsse nach § 6 der Düngeverordnung für die aktuelle Situation. Bei dem Berechnungsmodell der aktuellen Situation werden zunächst Stickstoff- und Phosphorbilanzen aufgestellt. In einem Gesamtmodell wird dann das Biogaspotenzial möglicher Biogasanlagen errechnet. Das Ergebnis zeigt die Menge an Gärresten, die in einem Kreis ausgebracht werden kann, ohne ge-

gen die Regelungen der aktuellen Düngeverordnung zu verstoßen. Die Menge und der Stickstoffgehalt des Gärrestes sind dabei von den Eigenschaften der für die Biogasnutzung angebauten Feldfrucht abhängig.

Exkurs: Nährstoffbilanzen in der Potenzialermittlung

Nährstoffbilanzen sind für die Landwirtschaft und den landwirtschaftlichen Anbau von besonderer Bedeutung. Eine optimale Nährstoffbilanz sichert den wirtschaftlichen Erfolg und verhindert andererseits negative Auswirkungen auf die Umwelt, insbesondere durch erhöhte Auswaschung von Nährstoffen in das Grundwasser.

Grundsätzlich können die im Gärrest enthaltenen Nährstoffe den Einsatz von Mineraldüngern substituieren. Die Gehalte der Nährstoffe aus dem Einsatzsubstrat bleiben beim Gärprozess weitgehend erhalten und werden mit dem Gärrest wieder ausgebracht. Es handelt sich also um einen geschlossenen Kreislauf, bei dem alle Nährstoffe, die dem Boden über die Pflanzen entnommen wurden, durch den Gärrest zurückgeführt werden.

Da die Nährstoffe im Gärrest zum Teil organisch gebunden vorliegen, stehen sie der Förderung des Pflanzenwachstums nicht direkt in vollem Umfang zur Verfügung. Bei Wirtschaftsdüngern wird von einer durchschnittlichen Pflanzenverfügbarkeit von ca. 60 % ausgegangen (Bach et al. 2005). Die Nährstoffe in Gärresten sind demgegenüber weiter aufgeschlossen, so dass von einer Pflanzenverfügbarkeit von ca. 80 % ausgegangen werden kann (ZALF e.V. 2013).

Ein Überangebot an Nährstoffen durch Düngemittel entsteht, wenn die zunächst nicht verfügbaren organisch gebundenen Anteile der Dünger durch Mineraldünger zugefügt werden. Diese Praxis führt dazu, dass sich Nährstoffe organischer Herkunft im Boden anreichern können. Dies kann auf längere Sicht zu Nährstoffüberschüssen insbesondere von Stickstoff führen und wiederum eine Nitratbelastung des Grundwassers und der Oberflächengewässer (Eutrophierung) verursachen. Die Gefahr der Nitratauswaschung ist z.B. im Spätherbst und Frühjahr bei hoher Sickerwasserrate am größten, wenn Pflanzen keine Nährstoffe mehr aufnehmen, aber bei der Mineralisation organisch gebundener Stickstoff (N_{org}) frei wird. Je kleiner vor dem Winter der N_{min} -Restgehalt (mineralischer Stickstoff) im Boden ist, desto geringer ist auch das Risiko der Nitratauswaschung.

Abbildung 12: Exkurs: Nährstoffbilanzen in der Potenzialermittlung

Exemplarisch sind in **Abbildung 13** die aktuellen Stickstoffsalden ohne atmosphärische Deposition in NRW auf Kreisebene dargestellt. Die Karte zeigt, dass die höchsten Stickstoffsalden in den Kreisen der Planungsregion Münster zu finden sind.

Der Anbau von Substraten für die Biogaserzeugung kann auch auf Grünlandstandorten realisiert werden (Gras). Aus wirtschaftlicher Sicht wird dies in der Praxis jedoch nur untergeordnet praktiziert (s. Kapitel 3.1.2). In den Potenzialberechnungen wird daher das Grünland nur nachrangig einbezogen. Dies bedeutet, nur wenn nach Ausnutzung des verfügbaren Ackerlandes noch ein N_{org} -Budget besteht, wird das Potenzial von Grünland herangezogen.

Grundlegende Annahme der Studie ist im Übrigen ein absolutes Verbot von Grünlandumbruch.

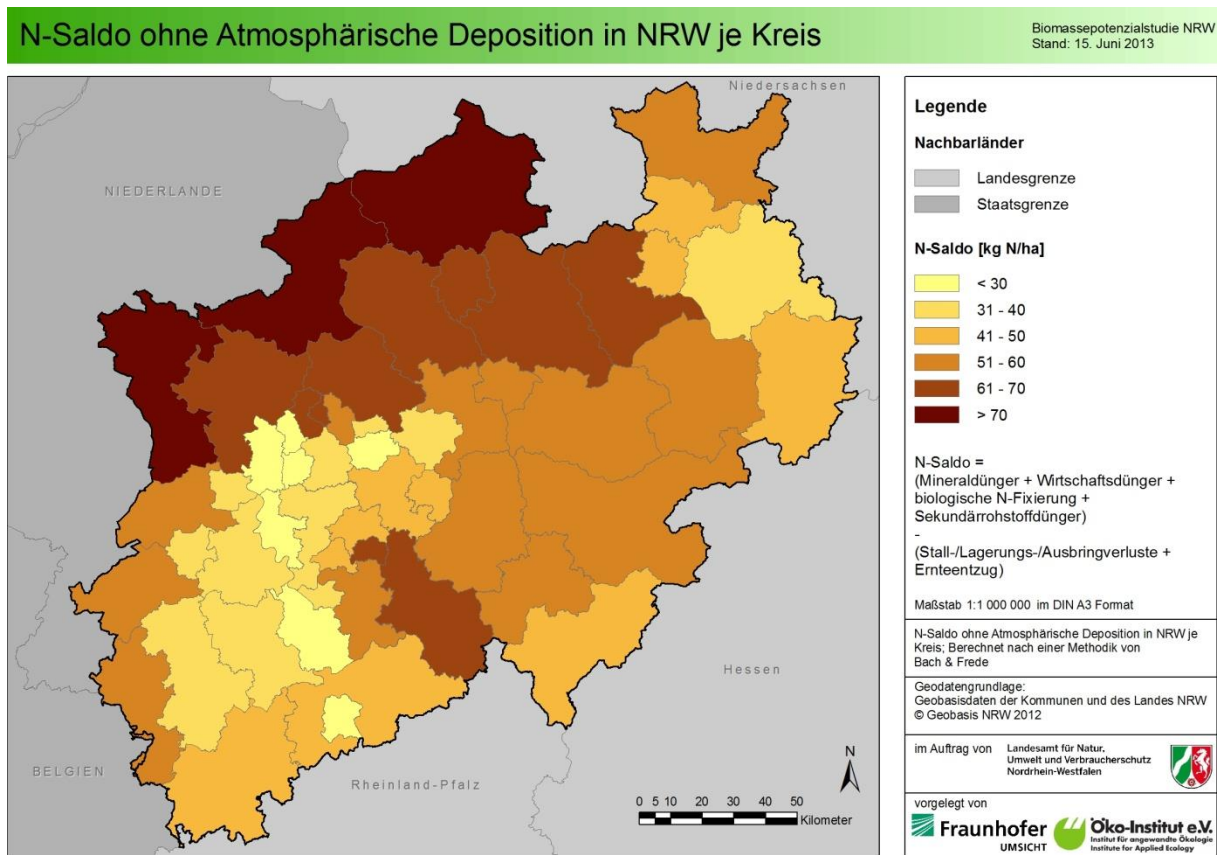


Abbildung 13: Stickstoffsalden ohne atmosphärische Deposition in NRW auf Kreisebene

3.2.1.3 Machbares Potenzial Anbaubiomasse

Das machbare Potenzial wird in vier Szenarien berechnet. Diese sind in folgender **Tabelle 15** benannt und werden anschließend erläutert.

Tabelle 15: Szenarien in der Landwirtschaft für das machbare Potenzial

Szenario	Aktuelle rechtliche Regelungen	Niedrigere N _{org} -Grenzen	Ambitionierter Naturschutz	Keine Nutzungsänderung
„Maximale Substitution“ (MAX)	X			
„Ambitionierte Düngerverordnung“ (N-RED)	X	X		
„Ambitionierter Naturschutz“ (NATUR)	X	X	X	
„Nutzungsmuster 2010“ (NUTZUNG 2010)	X	X	X	X

Szenario „Maximale Substitution“ - MAX

Als grundlegende Annahme im machbaren Potenzial gilt, dass nicht jede Ackerfläche in einer Region in gleichem Maße für die Bioenergieproduktion zur Verfügung steht. Es findet grundsätzlich eine Substitution der Kulturen statt, d.h. es werden Flächen für die Produktion von Substraten zur Energieerzeugung umgewidmet. Die Wahrscheinlichkeit der Substitution ist dabei für jede Kulturart unterschiedlich. Es wurde daher ein Flächenpool für Ackerfrüchte mit hoher Substitutionswahrscheinlichkeit erstellt. Der Substitutionsflächenpool beinhaltet die Flächen mit Ackerfrüchten, die aufgrund ihrer Transportfähigkeit – als wichtige technische Bedingung – auch in anderen Regionen produziert werden können. Hierzu gehören in dieser Studie die Getreideflächen. Getreide lässt sich über längere Distanzen transportieren und ist somit z.B. im Unterschied zu Silagen für die Tierfütterung nicht an eine lokale bzw. regionale Produktion gebunden. Teil des Flächenpools sind ferner die Flächen, auf denen aktuell Substrate für flüssige Kraftstoffe (Biodiesel und Bioethanol) hergestellt werden (vgl. Kapitel A 2.3). Über den Flächenpool wird somit die Flächenverfügbarkeit im Vergleich zum technischen Potenzial durch die Substitutionswahrscheinlichkeit reduziert.

Im Szenario MAX gelten darüber hinaus die Annahmen aus dem technischen Potenzial. Die Vorgaben aus EEG, Cross Compliance und der Düngeverordnung werden also übernommen (**Tabelle 15**). Abweichend zum technischen Potenzial werden allerdings Gärreste aus Biogasanlagen wie tierisches N_{org} behandelt. Für Grünland in Schutzgebieten wird darüber hinaus von reduzierten Erträgen ausgegangen (vgl. **Tabelle 17**). Insbesondere dadurch, dass eine umfangreiche Substitution des bestehenden Anbaus erlaubt wird und die fehlenden Agrarprodukte über überregionale Märkte nach Deutschland importiert werden können, sind unter diesen Annahmen hohe Potenziale zu erwarten.

Szenario „Ambitionierte Düngeverordnung“ - N-RED

Dem Szenario N-RED liegen die gleichen Bedingungen wie im Szenario MAX zugrunde. Ergänzend gelten Beschränkungen hinsichtlich der Nährstoffausbringung, wie sie heute nicht gesetzlich gefordert werden.

Die aktuellen Grenzwerte laut Düngeverordnung für das Ausbringen von Wirtschaftsdünger führen dazu, dass eine Akkumulation von organischer Substanz und eine entsprechende Freisetzung von Stickstoff eintreten. Darum ist es sinnvoll, die Menge an Wirtschaftsdüngern sowie Gärresten aus Biogasanlagen, die pro Hektar ausgebracht werden dürfen, stärker zu begrenzen. Dieser Schritt hat eine hohe Relevanz für Biogas-Potenziale, da bei bereits vorhandenen großen Mengen an Wirtschaftsdünger das Ausbringen weiterer Gärreste nur begrenzt möglich ist. Die ambitionierten Grenzwerte gehen auf Forderungen des DVGW, BDEW und VDLUVA zurück (u.a. DVGW 2010, DWA 2010).

Für die Potenzialberechnungen in diesem und den folgenden Szenarien wird die Ausbringung von Stickstoff in organischen Düngern auf 120 kg N_{org} /ha auf Ackerflächen und 170 kg N_{org} /ha auf Grünlandflächen beschränkt (**Abbildung 14**). Für diese Annahme wird erwartet, dass sich die Mengen an Wirtschaftsdünger und Gärrest deutlich reduzieren, die auf die vorhandene landwirtschaftliche Fläche in einem Kreis ausgebracht werden können. Des Weiteren werden Stickstoffquellen einbezogen, die nach derzeitigem Fachrecht in der Berechnung landwirtschaftlicher Nährstoffsalden nicht betrachtet werden. Hierzu zählen die Stall-, Ausbringungs- und Lagerungsverluste, die über die atmosphärische Deposition wieder in Böden eingetragen werden. Für die Gärrestausbringung selbst wird die Ausbrin-

gung in Abhängigkeit von der Schutzgebietskategorie vermindert oder ausgeschlossen. Eine Übersicht zu den Rahmenbedingungen gibt **Abbildung 14**.

Maximale Substitution	Ambitionierte Düngeverordnung
<p>Beschränkung</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Düngeverordnung in Bezug auf Nährstoffe <p>Rahmenbedingungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 60 kg N/ha und 20 kg P₂O₅ Bilanzüberschuss ■ Ausbringungsobergrenze AF/GL: 170/230 kg N_{org}/ha ■ Gärrest aus installierten BGAs wird wie tierisches N_{org} behandelt und angerechnet ■ Nettoausscheidungsrate der Tiere, keine atmosphärische Deposition 	<p>Beschränkung</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Forderungen BDEW, VDLUFA, DVGW <p>Rahmenbedingungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Rahmenbedingungen aus Szenario MAX bleiben bestehen ■ Zusätzlich: Ausbringungsobergrenze AF/GL auf 120/170 kg N_{org}/ha abgesenkt ■ Zusätzlich: Stickstoff aus atmosphärischer Deposition wird angerechnet

Abbildung 14: Rahmenbedingungen der Potenzialberechnungen bezüglich des Umgangs mit Nährstoffen

Szenario „Ambitionierter Naturschutz“ - NATUR

Die Landesregierung möchte die Bioenergienutzung in NRW realistisch, ausgewogen und nachhaltig weiter entwickeln. Besonders die Naturverträglichkeit beim Anbau der Biomasse und der Umweltschutz sollen dabei im Vordergrund stehen. Das Szenario NATUR berechnet unter diesen Rahmenbedingungen das verbleibende Potenzial der Anbaubiomasse. Die Ergebnisse dieses Szenarios gehen in der Zusammenfassung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

Das Szenario NATUR geht vom Szenario N-RED aus, verschärft aber die Anforderungen für den Naturschutz, wie sie heute nicht gesetzlich gefordert werden. Diese sind im Folgenden aufgeführt:

Ökologische Vorrangflächen in der Landwirtschaft: Der Erhalt der biologischen Vielfalt innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird auf internationaler Ebene im Rahmen der *Convention on Biological Diversity* (CBD) im Nagoja-Ziel 7⁹ und auf EU-Ebene in der EU-Biodiversitätsstrategie (EC 2011)¹⁰ betont. Auf deutscher Ebene finden sich diese Ziele in der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt (BMU 2007) wieder. Beispielsweise wird in Deutschland angestrebt, dass sich bis 2020 für den größten Teil der Rote Liste-Arten die Gefährdungssituation um eine Stufe verbessert, oder dass bereits heute der Anteil naturnaher Landschaftselemente (z.B. Hecken, Raine, Feldgehölze, Kleingewässer) in agrarisch genutzten Gebieten mindestens 5 % beträgt. In diesem Zusammenhang

⁹ CBD Nagoja Target 7: "By 2020 areas under agriculture, aquaculture and forestry are managed sustainably, ensuring conservation of biodiversity", <http://www.cbd.int/sp/targets/>

¹⁰ EU biodiversity strategy to 2020: "By 2020, maximise areas under agriculture across grasslands, arable land and permanent crops that are covered by biodiversity-related measures under the CAP so as to ensure the conservation of biodiversity and to bring about a measurable improvement in the conservation status of species and habitats that depend on or are affected by agriculture and in the provision of ecosystem services as compared to the EU2010 Baseline, thus contributing to enhance sustainable management." (EC 2011)

wurde im Rahmen der Neuausrichtung der *Common Agricultural Policy (CAP)*¹¹ der EU vom Agrar-ausschuss des EU-Parlaments beschlossen, dass ab dem Jahr 2016 5 % und – nach weiterer Prü-fung durch die EU-Kommission – ab 2018 7 % der Acker- und Dauerkulturfläche hierzu bereitgestellt werden sollen.¹² Es ist derzeit aber noch in der Diskussion, ob dieser Anteil komplett von den beste-henden Acker- und Dauerkulturflächen stammen muss, oder ob auch Flächen bereits bestehender naturnaher Landschaftselemente angerechnet werden können. Um diesen Aspekt in die Modellierung von Potenzialen einzubringen, wird für ambitionierte Naturschutzanforderungen angenommen, dass bis zum Jahr 2030 zusätzlich zu den bestehenden naturnahen Landschaftselementen weitere 3,5 % der Ackerfläche als ökologische Vorrangflächen für Maßnahmen zum Erhalt der biologischen Vielfalt zur Verfügung stehen (vgl. Neumann 2012). Auf diesen Flächen liegt ein entsprechend reduzierter Biomasseertrag vor.

Schutzgebiete und zu schützende Flächen: In NRW besteht bereits eine differenzierte Schutzge-bietskulisse als wichtiger Pfeiler zum Erhalt der biologischen Vielfalt (vgl. Kapitel 2.2.2.3). Als wichtige Kern- und Verbindungsflächen, die für den Erhalt der Biologischen Vielfalt außerhalb der Schutzge-bietskulisse notwendig sind, wurden

- Schwerpunktorkommen von gegenüber Biomasseanbau empfindlichen Arten und
- für das Grünland Biotopverbundflächen der Stufe 1

bei der Potenzialberechnung berücksichtigt.

Im Hinblick auf Ackerflächen werden Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete zum ausschließlichen Erhalt von Grünlandarten für die Potenzialberechnung ausgeschlossen, da Ackerflä-chen darin einen für diese Betrachtungsebene vernachlässigbaren Anteil einnehmen und Nutzungsmöglichkeiten sehr schwer abgebildet werden können. Dies wird unter allen Szenarien gleich behan-delt (**Tabelle 16**).

Tabelle 16: Abbildung von Naturschutzanforderungen in den Szenarien auf Ackerflächen.

Schutzgebietskategorien	Ackerland	
	Szenarien MAX und N-RED	Szenarien NATUR und NUTZUNG-2010
NSG, FFH-Gebiete, VSG (Grün-land)	Keine Biomasse, flächenmäßig für Szenarien nicht relevant	Keine Biomasse, flächenmäßig für Szenarien nicht relevant
VSG Acker, Schwerpunktvor-kommen empfindlicher Arten (Acker)	Einzelfallprüfung (nicht in der Potenzialberechnung berück-sichtigt)	A) 10 % der Fläche für Artenschutz B) Fruchtfolge: max. 10 % Mais
Flächen mit uneingeschränkter Nutzung (Integration von Natur-schutz)	Keine Einschränkungen	A) 7 % der Fläche als naturnahe Land-schaftselemente (z.B. Hecken, Raine, Feldgehölze, Kleingewässer, Blühstrei-fen, Saumstrukturen, Brachestrukturen) → WEITERE ACKERFLÄCHE von 3,5% B) Fruchtfolge: max. 33 % Mais

¹¹ http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/index_en.htm

¹² <http://www.agrarheute.com/eu-parlament-agrarreform>

Für die Flächentypen „Vogelschutzgebiete“ und „Schwerpunktvorkommen empfindlicher Arten“ (beide zum Erhalt von Ackerarten) wird für die aktuelle rechtliche Situation in den Szenarien MAX und N-RED von einer Einzelfallprüfung ausgegangen, die in der Potenzialberechnung nicht berücksichtigt werden kann. Für die Annahmen eines ambitionierten Naturschutzes im Szenario NATUR steigt der ungenutzte Flächenanteil für den Artenschutz auf 10 % an. Zudem wird auf der übrigen Fläche der Vogelschutzgebiete (für den Erhalt von Ackerarten) und Schwerpunktvorkommen ein Anteil an Mais in der Fruchtfolge von max. 10 % zugelassen (**Tabelle 16**).

Für die übrigen Ackerflächen wird nach CAP eine Integration des Naturschutzes in der Fläche angenommen. Bei den bestehenden rechtlichen Regelungen ergeben sich hier keine Einschränkungen, da auf den Ackerflächen keine zusätzlichen Maßnahmen gefordert sind (Szenarien MAX und N-RED). Unter einem ambitionierten Naturschutz wird angenommen, dass weitere 3,5 % der Ackerfläche zur Erfüllung dieser Anforderung benötigt werden. Auf diesen Flächen wird ein geringer Ertrag angenommen (z.B. durch das Anlegen von Blühstreifen). Zudem wird der maximale Anteil an Mais in der Fruchtfolge auf 33 % reduziert.

Extensivierung von Dauergrünland: Gerade intaktes und artenreiches Dauergrünland stellt eine wichtige Grundlage für den Erhalt der biologischen Vielfalt dar. Nach der deutschen Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt wird beispielsweise angestrebt, dass der Flächenanteil naturschutzfachlich wertvoller Agrarbiotope (hochwertiges Grünland, Streuobstwiesen) bis 2015 um mindestens 10 % gegenüber 2005 zunimmt. Für einen ambitionierten Naturschutz ist eine Extensivierung intensiv genutzter Dauergrünlandflächen zielführend. Daher wird angenommen, dass – neben dem bereits zugrunde gelegten Umbruchverbot – zusätzlich die Erträge auf Dauergrünlandflächen reduziert werden. Es werden drei Ertragsstufen angenommen:

1. niedriger Ertrag = 10 % des üblichen Biomasseertrags
2. mittlerer Ertrag = halber Biomasseertrag in Bezug zum normalen Ertrag
3. normaler Ertrag = üblicher Biomasseertrag des jeweiligen Kreises

Bei Grünland, das zu den gesetzlich geschützten Biotopen zählt, wird für alle Szenarien angenommen, dass auf diesen Flächen niedrige Erträge vorherrschen (**Tabelle 17**).

Tabelle 17: Abbildung von Naturschutzanforderungen in den Szenarien auf Grünlandflächen

Schutzgebietskategorien	Grünland Szenarien MAX und N-RED	Grünland Szenarien NATUR und NUTZUNG-2010
gesetzlich geschützte Biotope (§62)	100 % der Fläche niedrige Erträge	100 % der Fläche niedrige Erträge
NSG, FFH-Gebiete, VSG Grünland, Schwerpunktvorkommen empfindlicher Arten (Grünland)	20 % niedrige Erträge 30 % mittlere Erträge 50 % normale Erträge	30 % niedrige Erträge 50 % mittlere Erträge 20 % normale Erträge
VSG Wald + Acker, Biotopverbundflächen Stufe 1 (15 %)	100 % der Fläche normale Erträge	100 % der Fläche mittlere Erträge
Dauergrünland (Grünland, das zu keiner anderen Kategorie gehört)	kein Umbruch 100 % der Fläche mit normalem Ertrag	kein Umbruch; 50 % der Fläche mit mittlerem Ertrag; 50 % der Fläche mit normalem Ertrag

Für Grünland in Naturschutzgebieten, FFH-Gebieten, Vogelschutzgebieten und Schwerpunktvoorkommen empfindlicher Arten (die letzteren beiden zum Schutz von Grünlandarten) wird geschätzt, dass unter den aktuellen Regelungen ein Anteil von 20 % einen niedrigen, 30 % einen mittleren und 50 % einen normalen Ertrag aufweisen. Diese Werte ändern sich bei Annahme eines ambitionierten Naturschutzes hin zu 30 % niedrigen, 50 % mittleren und 20 % normalen Erträge. Für Vogelschutzgebiete (Schutz von Acker- und Waldarten) und Biotopverbundflächen der Stufe 1 wird angenommen, dass nach heutiger Rechtslage auf der gesamten Fläche ein normaler Ertrag möglich ist. Bei einem ambitionierten Naturschutz wird eine Ertragsreduktion auf einen mittleren Ertrag festgesetzt. Für das übrige Dauergrünland besteht aus der heutigen Rechtslage keine Restriktion, so dass normale Flächenerträge möglich sind. Unter Annahme eines ambitionierten Naturschutzes wird der Ertrag auf 50 % dieser Flächen auf ein mittleres Ertragsniveau gesetzt. Die Flächenkategorie Grünland mit großer biologischer Vielfalt wurde außerhalb von gesetzlich geschützten Biotopen und Schutzgebieten nicht berücksichtigt und in der Berechnung zum sonstigen Dauergrünland gezählt, da hier keine flächendeckenden Daten vorlagen.

Szenario „Nutzungsmuster 2010“ - NUTZUNG 2010

Das Szenario NUTZUNG 2010 berechnet das Biomassepotenzial das verbleibt, wenn in Zukunft komplett auf einen weiteren Ausbau von Anbaubiomasse verzichtet wird. Es folgt damit den Forderungen des Umweltbundesamtes (UBA 2012c; vgl. Kapitel 2.6). Das bedeutet, dass die Nutzung von Anbaubiomasse in diesem Szenario der aktuellen Nutzung entspricht (vgl. Kapitel 3.1). Das Szenario baut auf dem Szenario NATUR auf (**Tabelle 15**) – die Annahmen zum ambitionierten Naturschutz gelten demnach zusätzlich. Es erfolgt keine weitere Substitution von bestehenden Landnutzungen durch Bioenergie. Flächen für den Anbau von Winterraps als Substrat zur Biodieselherstellung werden weiterhin für die Biokraftstoffproduktion genutzt. Es werden aber Fruchtarten genutzt, mit denen eine THG-Reduktion von 60 % erreicht wird.

3.2.2 Berechnungsgrundlagen Wirtschaftsdünger für die Biogaserzeugung

Wirtschaftsdünger (Gülle und Festmist) kann als Substrat in Biogasanlagen eingesetzt werden. Folgendes Schema verdeutlicht die Vorgehensweise (**Abbildung 15**):

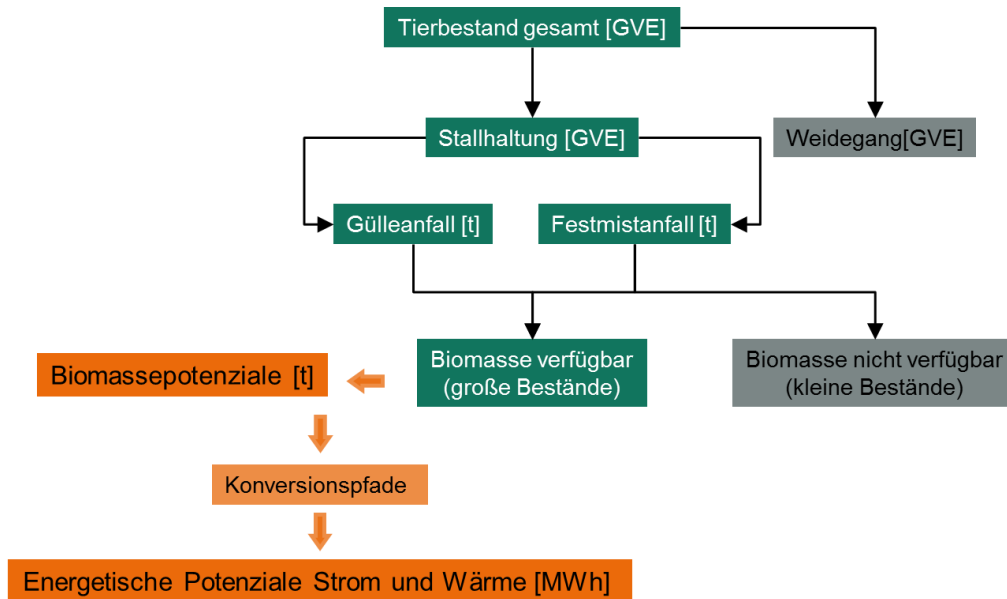


Abbildung 15: Berechnungsschema über den Technologiepfad Biogas aus Wirtschaftsdüngern

Der statistisch erfasste Tierbestand zählte 2010 in NRW mehr als 20 Millionen Tiere. 19,3 Millionen Tiere werden durch die Tiergruppen Rinder, Schweine und Geflügel abgedeckt - diese fließen in die Potenzialermittlung ein. Die übrigen Tiergruppen (bspw. Pferde, Schafe, Ziegen) werden in dieser Studie nicht betrachtet.

Über den aktuellen Tierbestand in NRW (amtliche Statistik IT.NRW 2010) wird mittels Faktoren zum Gülle- bzw. Festmistanfall pro Tier (**Tabelle 18**) die Berechnung der Gesamtmenge an Exkrementen vorgenommen. Über weitere Faktoren zur Stallhaltungsform und zu den Betriebsgrößen wird der Gülle- und Festmistanteil bestimmt und somit das Substratpotenzial abgeleitet. Über den Gasertrag der Gülle und des Festmistes werden der Energieertrag und die Leistung errechnet (**Tabelle 19**).

Berechnungsvorschriften Konversionspfad Biogas

In **Tabelle 18** sind die durchschnittlichen Werte für den Wirtschaftsdüngeranfall der einzelnen Tierarten und -gruppen beschrieben (KTBL 2012). Zur Berechnung der Wirtschaftsdüngermengen werden die Angaben aus der amtlichen Statistik zum aktuellen Tierbestand in NRW mit den in der **Tabelle 18** stehenden Kennzahlen zum Wirtschaftsdüngeranfall multipliziert.

Tabelle 18: Anfall Wirtschaftsdünger in der Tierhaltung (KTBL 2012)

Tierart und -gruppe		Gülle		Festmist	
		Anteil Tiere [%]	Anfall [m³/Tier*a]	Anteil Tiere [%]	Anfall [m³/Tier*a]
Rinder	Jungtiere (<1/2 Jahre)	20	4	80	1
	Färsen zur Aufzucht (>1/2 Jahre)	70	11	30	7
	Mastrinder (>1/2 Jahre)	70	11	30	4
	Mutterkühe	20	20	80	10
	Milchkühe	70	25	30	10
Schweine	Jungschweine (bis 50kg)	70	0,5	30	0,3
	Mastschweine (ab 50kg)	70	2	30	0,8
	Zuchttiere	80	5	20	2
Geflügel	Legehennen	0	-	100	0,024
	Masthühner	0	-	100	0,011
	Truthühner	0	-	100	0,045

Zur Bestimmung des Gasertrags aus den tierischen Exkrementen werden der Trockensubstanz (TS)-Gehalt, der Anteil organischer Trockensubstanz (oTS), der Biogasertrag sowie der Methangehalt der einzelnen Substrate herangezogen (**Tabelle 19**).

Tabelle 19: Substratkennwerte Biogaserzeugung (KTBL 2012)

Substrat	TS-Gehalt [%]	davon oTS [%]	Gasausbeute oTS [Nm³/t]	Methangehalt [%]
Rindergülle	8	80	370	55
Rindermist	25	80	450	55
Schweinegülle	6	80	400	60
Schweinemist	25	80	450	60
Geflügelmist	45	75	500	65

Das Biogaspotenzial errechnet sich wie folgt:

$$\text{Biogasertrag [Nm}^3\text{/a]} = \text{Biomasse [t/a]} * \text{Faktor TS-Gehalt [-]} * \text{Faktor oTS-Gehalt [-]} * \text{Gasausbeute oTS [Nm}^3\text{/t]}$$

Für den letzten Berechnungsschritt, die Bestimmung der elektrischen und thermischen Energie, sind der Methangehalt, der Heizwert (9,97 kWh/Nm³ Biomethan) und der elektrische (38 %) bzw. thermische Wirkungsgrad (47 %) (KTBL 2010) mit dem Biogasertrag zu multiplizieren:

$$\text{Energie}_{\text{elekt/therm}} [\text{kWh/a}] = \text{Biogasertrag} [\text{Nm}^3/\text{a}] * \text{Faktor Methangehalt} [-] * \text{Heizwert} [\text{kWh}/\text{Nm}^3] * \text{Faktor Wirkungsgrad} [-]$$

3.2.2.1 Potenzialbegriff Wirtschaftsdünger

Für den Stoffstrom Wirtschaftsdünger gelten in der vorliegenden Studie die in **Abbildung 16** dargestellten Potenzialbegriffe. Auch hier wird das theoretische Potenzial nicht dargestellt (vgl. Kapitel 2.3).



Abbildung 16: Potenzialbegriffe Wirtschaftsdünger

3.2.2.2 Technisches Potenzial Wirtschaftsdünger

Wesentlich für die unterschiedlichen Potenzialkategorien ist die Verfügbarkeit des Wirtschaftsdüngers. Je nach Stallhaltungsform fallen die Exkreme der Tiere in unterschiedlicher Form an. Unterschieden wird hier ein Festmist- sowie ein Gülleanteil. Die Haltungsform ist der Faktor zur Ableitung des technischen Potenzials. Insbesondere die Rinderhaltung verteilt sich auf Weidegang und Stallaufenthalt. Exkreme, die während des Weidegangs anfallen, sind nicht fassbar und entsprechend vom theoretischen Substratpotenzial zu subtrahieren. Basierend auf der Viehzählung 2010 ergibt sich für die Weidehaltung folgende Übersicht für Milchkühe und Rinder (**Tabelle 20**):

Tabelle 20: Weidehaltung in den Regierungsbezirken NRW, Kalenderjahr 2009 (IT.NRW 2010)

	Regierungsbezirk	Tiere mit Weidegang [%]	Durchschnittliche Weidedauer [d/a]	Durchschnittliche Weidedauer [h/d]
Milchkühe	Düsseldorf	76	26	12
	Köln	91	27	14
	Münster	74	25	13
	Detmold	85	25	12
	Arnsberg	91	25	12
Rinder (ohne Milchkühe)	Düsseldorf	70	27	10
	Köln	66	29	11
	Münster	66	27	10
	Detmold	65	27	10
	Arnsberg	63	26	10

Schweine werden in NRW großmaßstäblich in Ställen gehalten. Bei Legehennen wurde eine pauschale Reduzierung um 25 % eingerechnet (HMUELV 2010).

3.2.2.3 Machbares Potenzial Wirtschaftsdünger

Als weiterer Faktor mit Einfluss auf das Substratpotenzial fließt im machbaren Potenzial die Betriebsgröße in die Berechnung ein. Die Betriebsgröße ist der entscheidende Faktor zur Unterscheidung des technischen vom machbaren Potenzial aus der Tierhaltung. So hat sich gezeigt, dass aus wirtschaftlichen Gründen für Wirtschaftsdünger eine Mindestgröße von 50 GVE im Bestand vorausgesetzt werden muss (BMBF 2009, Klocke 2010).

Auf die Berechnung von Szenarien für das machbare Potenzial wird verzichtet. Eine energetische Vorbehandlung von anfallendem Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung in Biogasanlagen wird aus Umwelt- und Klimaschutzgründen der unbehandelten Lagerung und Ausbringung vorgezogen.

3.2.3 Berechnungsgrundlagen Erntenebenprodukte

Zur Unterscheidung und Definition von Erntenebenprodukten können verschiedene Grundlagen herangezogen werden. Eine Methode Reststoffe zu unterscheiden, bietet die Einteilung nach dem Anfall im Produktionsablauf. Dabei werden primäre (aus der Ernte), sekundäre (nach weiterem Verarbeitungsschritt) und tertiäre Reststoffe (z.B. Nahrungsmittelreste) unterschieden (DBFZ 2012b).

Dagegen werden in der Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG Erntereststoffe und Abfälle als eigene Kategorien betrachtet, die von der Kategorie Produktionsrückstände abgegrenzt werden. Dabei werden Stroh, Bagasse, Hülsen, Maiskolben und Nussschalen explizit den Ernterückständen zugeteilt und der Status als Nebenprodukt zugewiesen. Des Weiteren gehören sie zu den landwirtschaftlichen Reststoffen bzw. Rückständen, unter denen Stoffe aus der Produktion, Ernte oder Verar-

beitung landwirtschaftlicher Bereiche zusammengefasst werden. Sie werden von Reststoffen aus der Nahrungsmittelindustrie (z.B. Presskuchen aus der Saftproduktion) sowie Reststoffen und Rückständen aus der Tierhaltung abgegrenzt. Von der Nahrungsmittelindustrie weiterverarbeitete Rohstoffe werden als industrielle Reststoffe bezeichnet (DBFZ 2012b).

In dieser Studie werden ausschließlich Stroh und Ernterückstände von Hackfrüchten als Erntenebenprodukte untersucht. Andere Erntenebenprodukte spielen in NRW keine Rolle. Reststoffe aus der Tierhaltung oder Nahrungsmittelindustrie werden in den entsprechenden Kapiteln unter Abschnitt 5 Abfallwirtschaft betrachtet. Stroh wird definiert als trockener Halm, Stängel und Blatt der ausgedroschenen Getreidearten, Hülsenfrüchte, Öl- und Faserpflanzen (DBFZ 2012b). **Tabelle 21** zeigt die Erntenebenprodukte und deren durchschnittlich anfallende Mengen in Mio. t_{FM}/a aus den Jahren 1999 bis 2007 in Deutschland. Den größten Anteil der Erntenebenprodukte macht dabei mit 30 Mio. t_{FM}/a das Getreidestroh aus, gefolgt von den Ernterückständen der Hackfrüchte mit 19 Mio. t_{FM}/a.

Tabelle 21: Durchschnittliches Aufkommen und Nutzung landwirtschaftlicher Erntenebenprodukte der Jahre 1999 bis 2007 in Deutschland (DBFZ 2012b, verändert)

Nebenprodukte	Aufkommen FM [Mio. t/a]	Wassergehalt [%]	Bisherige Nutzung
Getreidestroh (Winter-, Sommerweizen, Roggen, Winter-, Sommergerste, Triticale und Hafer)	30	14	16,6 % Einstreu für die Viehhaltung, sehr geringer Anteil für die energetische Nutzung, Rest Humusreproduktion
Rapsstroh	7,5	14	100 % Humusreproduktion
Körnermaisstroh	4	14	100 % Humusreproduktion
Ernterückstände Hackfrüchte (Kartoffel, Runkel- und Zuckerrübe)	19	82-85	100 % Humusreproduktion

Für die energetische Nutzung von Erntenebenprodukten können generell die zwei Konversionspfade Verbrennung und Vergärung in Betracht gezogen werden. Aufgrund der unterschiedlichen Wassergehalte der Substrate eignen sich die Ernterückstände von Hackfrüchten insbesondere für die Vergärung, Stroh eher zur Verbrennung. Diese Einteilung wird für die Ausweisung der Endenergiepotenziale verwendet. Zwar kann Stroh auch mit anderen Substraten gemeinsam in einer Biogasanlage verwertet werden, Monovergärungsanlagen für Stroh sind derzeit jedoch noch in der Entwicklung und entsprechen noch nicht dem Stand der Technik. Die Wirkungsgrade der Vergärung zur Energieerzeugung entsprechen dabei denen der Anbaubiomasse und Wirtschaftsdüngernutzung (vergl. Kapitel 3.2.1 und 3.2.2). Für die Verbrennung wurde ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 85 % angesetzt (KTBL 2010).

Tabelle 22 zeigt den energetisch nutzbaren Strohanteil aus verschiedenen Quellen, die im Rahmen einer IFEU-Studie ausgewertet wurden. In den Potenzialberechnungen wird das nachhaltige Potenzial gemäß den Ergebnissen dieser Studie mit 1/3 des Gesamtstrohaufkommens berechnet (IFEU 2008).

Tabelle 22: Energetisch nutzbarer Getreidestrohanteil am gesamten Getreideaufkommen in Deutschland nach verschiedenen Quellen (IFEU 2008)

Quelle	Leible et al. 2003	Kaltschmitt et al. 2003	BMU 2004	Simon 2006	BE 2007	Warsitza 2008	IE 2008	IFEU 2008
Energetisch nutzbarer Anteil [%]	37-52	20	20-33	bis 35	25	37-60	10-30	33

Grundlage für die Berechnung des Potenzials an Erntenebenprodukten in NRW sind die Anbaudaten der Landwirtschaftszählung 2010. Folgende Substrate gehen in die Berechnung ein:

- Getreidestroh: Weizen, Roggen, Gerste
- Rapsstroh: Winter- und Sommerraps
- Körnermaisstroh: Körnermais einschließlich CCM (Corn-Cob-Mix)
- Ernterückstände Hackfrüchte: Zuckerrüben, Runkelrüben, (Kartoffeln)

Eine weitere Differenzierung des nachhaltigen Potenzials bspw. über Humusbilanzen wird nicht vorgenommen. Diese müsste fruchtfolgespezifische Besonderheiten, organische Düngemittel und weitere Parameter berücksichtigen. Aktuell bestehen zudem noch Widersprüchlichkeiten hinsichtlich der tatsächlichen Humusreproduktionsleistung von Stroh, so dass das Ergebnis einer solchen Vorgehensweise die Ausweisung einer großen Spannbreite wäre (DBFZ 2012b).

Berechnungsvorschriften Konversionspfad Erntenebenprodukte

Zur Bestimmung der Flächenpotenziale wird die aktuelle landwirtschaftliche Bodennutzung aus der Agrarstrukturerhebung entnommen und gemeindescharf ausgewertet. Die verfügbare Fläche wird in den Potenzialkategorien (Szenarien) als prozentualer Faktor ermittelt und orientiert sich am Flächenbedarf der Anbaubiomasse (vgl. Kapitel 3.2.3.1). Das Flächenpotenzial für Erntenebenprodukte einer Gemeinde errechnet sich wie folgt:

$$\text{Flächenpotenzial [ha]} = \text{Ackerbaufläche [ha]} * \text{Faktor verfügbare Fläche [-]}$$

Das Flächenpotenzial multipliziert mit den zu erwartenden Hektarerträgen ausgewählter Kulturen multipliziert mit dem pflanzenspezifischen Korn-Stroh-Verhältnis ergibt die potenzielle jährliche Erntemenge in Tonnen Frischmasse (t_{FM}) (Substratpotenzial). Die zu erwartenden Hektarerträge wurden als Fünfjahresmittel (2006-2010) aus der Erntestatistik gemeindescharf für die Berechnung herangezogen.

$$\text{Substratpotenzial}_{FM} [t] = \text{Flächenpotenzial [ha]} * \text{Hektarertrag [t/ha]} * \text{Korn/Stroh-Verhältnis [-]}$$

Über das Substratpotenzial lassen sich die Biogaspotenziale für Hackfrüchte und die Potenziale der thermischen Konversion von Stroh ermitteln und abschließend die Mengen Strom und Wärme errechnen.

nen. Nach KTBL (2012) ergibt sich für Rübenblätter eine Biogasausbeute von $95 \text{ Nm}^3/\text{t}_{\text{FM}}$ bei einem Methangehalt von 52 %.

$$\text{Biogasertrag [Nm}^3\text{]} = \text{Biomassepotenzial [t]} * \text{Faktor TS-Gehalt [-]} * \text{Faktor oTS-Gehalt [-]} * \text{Gasausbeute oTS [Nm}^3\text{/t]}$$

Für den letzten Berechnungsschritt, die Bestimmung der elektrischen und thermischen Energie, sind der Methangehalt, der Heizwert ($9,94 \text{ kWh/Nm}^3$ Biomethan) und der elektrische (38 %) bzw. thermische Wirkungsgrad (47 %) (KTBL 2010) mit dem Biogasertrag zu multiplizieren.

$$\text{Energie}_{\text{elekt/therm}} \text{ [kWh]} = \text{Biogasertrag [Nm}^3\text{]} * \text{Faktor Methangehalt [-]} * \text{Heizwert [kWh/Nm}^3\text{]} * \text{Wirkungsgrad [-]}$$

Für die thermische Konversion gehen ein Heizwert von $4,11 \text{ kWh/kg}_{\text{FM}}$ und ein thermischer Wirkungsgrad von 85 % in die Berechnung ein (KTBL 2012 und DBFZ 2012b).

$$\text{Energie}_{\text{therm}} \text{ [kWh]} = \text{Biomassepotenzial FM [t]} * \text{Heizwert FM [kWh/t]} * \text{Wirkungsgrad [-]}$$

3.2.3.1 Potenzialbegriff Erntenebenprodukte

Für den Stoffstrom Erntenebenprodukte gelten in der vorliegenden Studie die in **Abbildung 17** dargestellten Potenzialbegriffe.



Abbildung 17: Potenzialbegriffe Erntenebenprodukte

Das Substratpotenzial für Erntenebenprodukte bezieht alle Pflanzenbestandteile mit ein, die nicht mit der Hauptfrucht geerntet werden. Es entspricht damit dem Aufwuchs, abzüglich des geernteten Materials. Das technische Potenzial beinhaltet Bergungsverluste von 25 % (DBFZ 2012a). Um das Potenzial nicht zu überschätzen, wird für alle Erntenebenprodukte dieser Wert verwendet. Das Potenzial wird mit den in Kapitel 3.2.3 definierten Substraten berechnet.

Bei der Darstellung des technischen Gesamtpotenzials Landwirtschaft ist zu beachten, dass das technische Potenzial Erntenebenprodukte und das technische Potenzial Anbaubiomasse in Summe mehr Fläche in Anspruch nehmen würden, als Ackerfläche in NRW zur Verfügung steht. Wie auch bei den machbaren Potenzialen wird das Potenzial der Anbaubiomasse vorrangig bilanziert, da ihre Realisierung wahrscheinlicher ist, als dies bei Erntenebenprodukten der Fall ist. In **Abbildung 18** sind die grundlegenden Flächenberechnungen dargestellt. Das technische Flächenpotenzial der Erntenebenprodukte von 728.325 ha wird auf 394.709 ha reduziert, da 333.616 ha von Anbaubiomasse überlagert wird. Eine Fläche von 75.722 ha ist für den Anbau von energetisch verwerteter Biomasse nicht nutzbar, da hier keine Erntenebenprodukte liefernden Pflanzen angebaut werden.

Ackerfläche NRW = 1,05 Mio. ha

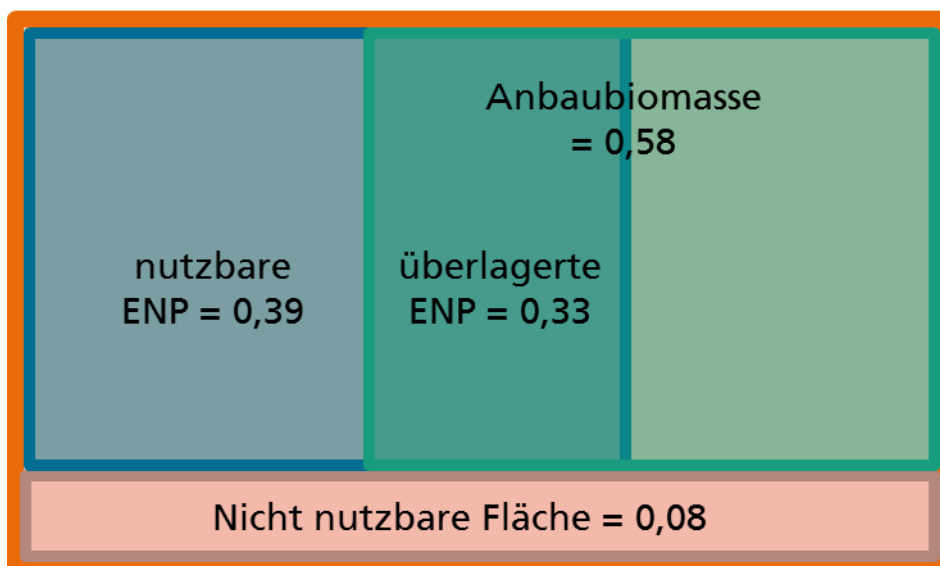


Abbildung 18: Ausweisung der Erntenebenprodukte im Gesamtpotenzial Landwirtschaft

Machbares Potenzial Erntenebenprodukte

Das machbare Potenzial berücksichtigt über die Vorgaben des technischen Potenzials hinaus Nachhaltigkeitsanforderungen, die den Vorschlägen von IFEU (2008) folgen, sowie bestehende Konkurrenznutzungen beachten. So werden ca. 16,6 % des Getreidestrohs als Einstreu verwendet. Das machbare Potenzial an Erntenebenprodukten ist weiterhin davon abhängig, wie viele Flächen zukünftig für den Anbau von Biogassubstraten genutzt werden. Da bei der Biogaserzeugung zumeist die gesamte Pflanze vergoren wird, kann kein Stroh geborgen werden. Die Potenziale von Erntenebenprodukten und Anbaubiomasse verhalten sich demnach gegenläufig. Daher sind die machbaren Potenziale der Erntenebenprodukte in einem Kontext mit den Potenzialen der Anbaubiomasse für eine

Biogasnutzung zu sehen. Es werden darum ebenfalls die in **Tabelle 15** dargestellten vier Szenarien für die Erntenebenprodukte berechnet.

3.3 Ergebnisse Biomassepotenziale Landwirtschaft

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Potenzialberechnungen für die Landwirtschaft aufgeführt. Der Bereich Landwirtschaft untergliedert sich in Anbaubiomasse (Acker- und Grünlandflächen), Wirtschaftsdünger und Erntenebenprodukte. Für die beiden erstgenannten Bereiche wird der Technologiepfad Strom und Wärme aus Biogas betrachtet. Für Erntenebenprodukte kommt zusätzlich der Technologiepfad Verbrennung hinzu, bei dem nur Wärme produziert wird.

3.3.1 Ergebnisse Anbaubiomasse

3.3.1.1 Technisches Potenzial Ackerland

Die Ackerfläche von Nordrhein-Westfalen lag in 2010 bei 1.052.326 ha (IT.NRW 2010). Wie unter Kapitel 3.2.1.2 beschrieben, sind die zentralen Randbedingungen für die Bestimmung des technischen Potenzials das EEG, die Regelungen nach Cross Compliance zur Fruchtfolge und zur Einhaltung der Düngeverordnung. Auf Basis dieser Randbedingungen ergibt sich ein technisches Flächenpotenzial von 581.901 ha, welches ca. 55,3 % der gesamten Ackerbaufläche entspricht. Differenziert für die einzelnen Planungsregionen ergibt sich das in **Tabelle 23** dargestellte Bild.

Tabelle 23: Ackerfläche und technisches Flächenpotenzial für Anbaubiomasse

Planungsregion	Ackerfläche [ha]	Flächenpotenzial [ha]	Anteil [%]
Münster	305.364	71.870	23,5
Detmold	256.928	161.701	62,9
Arnsberg	90.276	68.869	76,3
RVR	100.439	60.915	60,6
Düsseldorf	121.563	73.112	60,1
Köln	177.757	145.435	81,8
NRW	1.052.327	581.901	55,3

Das größte technische Flächenpotenzial weist mit 161.701 ha die Planungsregion Detmold auf, gefolgt von der Planungsregion Köln mit 145.435 ha. Dies entspricht in der Planungsregion Detmold knapp über 60 % der Ackerfläche, in der Planungsregion Köln aber über 80 %. In der Planungsregion Münster hingegen stehen mit 71.870 ha nur etwa 23,5 % der Ackerfläche als technisches Flächenpotenzial zur Verfügung. Auf Basis des ausgewiesenen Flächenpotenzials ergibt sich ein technisches Potenzial für Strom- und Wärmemengen von ca. 9,1 TWh Strom bzw. 11,2 TWh Wärme pro Jahr (**Tabelle 24**).

Tabelle 24: Technisches Potenzial Strom und Wärme für Anbaubiomasse von Ackerland

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	1.264.570	1.564.074
Detmold	2.472.841	3.058.514
Arnsberg	1.075.273	1.329.943
RVR	961.479	1.189.197
Düsseldorf	1.132.962	1.401.295
Köln	2.187.707	2.705.849
NRW	9.094.832	11.248.871

3.3.1.2 Machbare Ausbaupotenziale Ackerland

In diesem Kapitel wird das machbare Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Ackerland in vier Szenarien beschrieben. Die Methodik zur Berechnung und die Definition der Szenarien finden sich in den Kapiteln 3.2.1 bzw. 3.2.1.3.

Szenario „Maximale Substitution“

Unter Betrachtung eines Flächenpools zur Vermeidung der Konkurrenz zur Tierfutterproduktion sowie der Annahmen zum technischen Potenzial ergibt sich in NRW ein machbares Ausbaupotenzial für Flächen von 401.556 ha. Das entspricht ca. 38,2 % der ackerbaulich genutzten Flächen. Für die einzelnen Planungsregionen ergibt sich das in **Tabelle 25** dargestellte Bild.

Tabelle 25: Ackerfläche und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse im Szenario MAX

Planungsregion	Ackerfläche [ha]	Flächenpotenzial [ha]	Anteil [%]
Münster	305.364	62.787	20,6
Detmold	256.928	120.669	47,0
Arnsberg	90.276	49.546	54,9
RVR	100.439	38.698	38,5
Düsseldorf	121.563	39.540	32,5
Köln	177.757	90.316	50,8
NRW	1.052.327	401.556	38,2

Auf Basis des Flächenpotenzials errechnet sich für NRW im Szenario MAX ein machbares Ausbaupotenzial von 6,3 TWh Strom bzw. 7,9 TWh Wärme pro Jahr. Dargestellt sind die Ergebnisse für die einzelnen Planungsregionen in **Tabelle 26**. Der Tabelle folgt die kartografische Darstellung für die Kreisebene (**Abbildung 19**).

Tabelle 26: Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Ackerflächen im Szenario MAX

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	985.302	1.218.663
Detmold	1.904.939	2.356.109
Arnsberg	783.392	968.933
RVR	595.950	737.096
Düsseldorf	619.222	765.879
Köln	1.458.616	1.804.078
NRW	6.347.422	7.850.758

Ausbaupotenzial Ackerland - Maximale Substitution

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand:14. Juni 2013

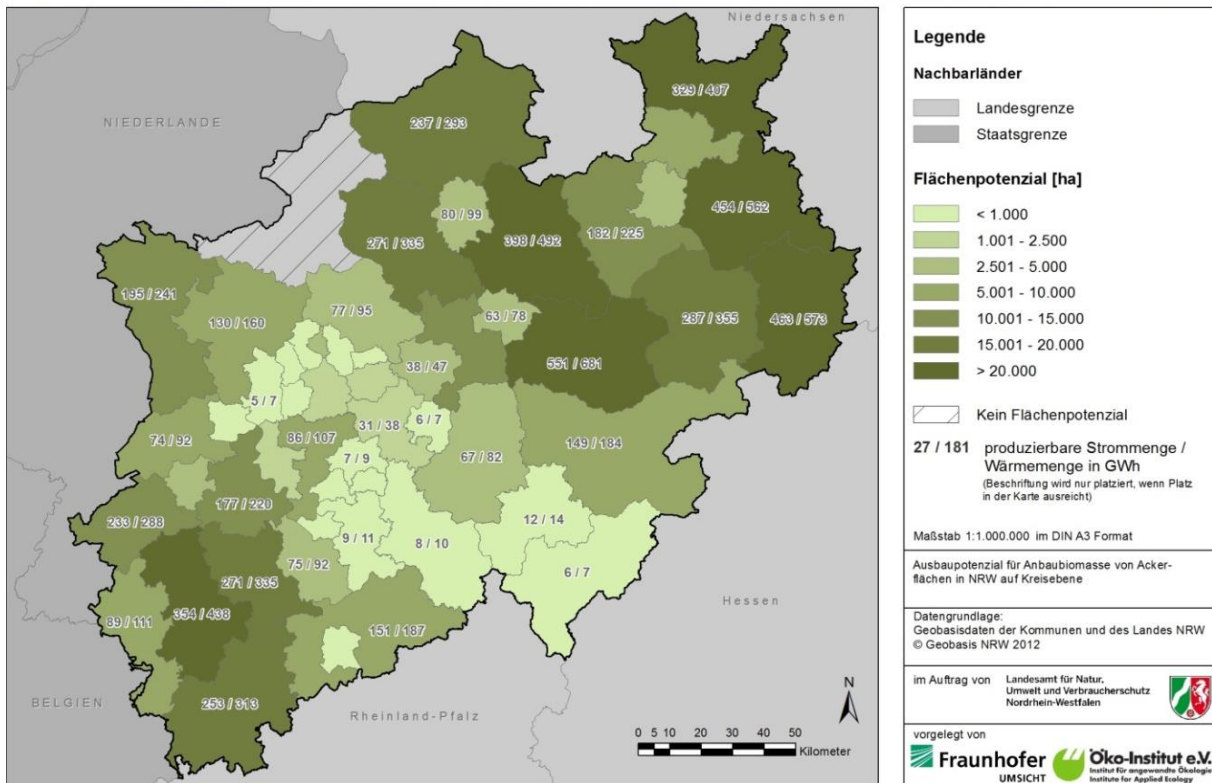


Abbildung 19: Karte der Ausbaupotenziale Ackerland auf Kreisebene – Szenario MAX

Szenario „Ambitionierte Düngeverordnung“

Unter Beachtung einer verschärften Düngeverordnung zur Schonung der Grundwasserressourcen ergibt sich in NRW ein machbares Ausbaupotenzial für Fläche von 135.336 ha, was ungefähr 12,9 % der ackerbaulich genutzten Fläche entspricht. Den Überblick über die Planungsregionen liefert **Tabelle 27**.

Tabelle 27: Ackerfläche und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse im Szenario N-RED

Planungsregion	Ackerfläche [ha]	Flächenpotenzial [ha]	Anteil [%]
Münster	305.364	0	0,0
Detmold	256.928	35.284	13,7
Arnsberg	90.276	18.114	20,1
RVR	100.439	11.421	11,4
Düsseldorf	121.563	18.682	15,4
Köln	177.757	51.835	29,2
NRW	1.052.327	135.336	12,9

Auf Basis dieser Flächenpotenziale ergibt sich für NRW im Szenario N-RED ein machbares Ausbaupotenzial von 2,1 TWh Strom bzw. 2,6 TWh Wärme pro Jahr. Die räumliche Differenzierung der Potenziale ist in **Tabelle 28** für die Planungsregionen dargestellt. Anschließend findet sich in **Abbildung 20** die räumliche Verteilung auf Kreisebene.

Tabelle 28: Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Ackerflächen im Szenario N-RED

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	0	0
Detmold	555.935	687.603
Arnsberg	280.221	346.590
RVR	171.930	212.650
Düsseldorf	278.840	344.881
Köln	833.139	1.030.462
NRW	2.120.065	2.622.186

Ausbaupotenzial Ackerland - Ambitionierte Düngeverordnung

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 14. Juni 2013

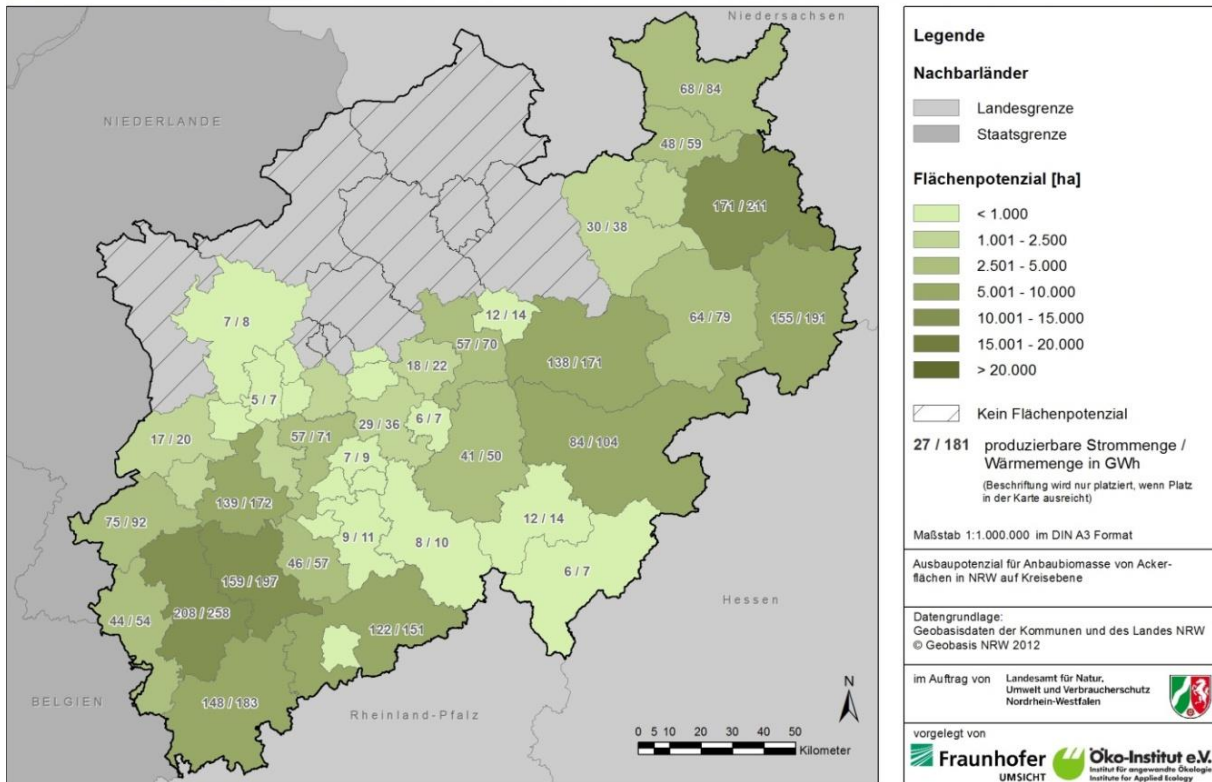


Abbildung 20: Karte der Ausbaupotenziale Ackerland auf Kreisebene – Szenario N-RED

Szenario „Ambitionierter Naturschutz“

Im Szenario NATUR wirkt zusätzlich zur verschärften Düngeverordnung die Ausweitung des Naturschutzes verringernd auf das Flächen- und das Ertragspotenzial (vgl. Kapitel 3.2.1.3). In NRW ergibt sich demnach ein machbares Ausbaupotenzial für Fläche von 128.663 ha, was ungefähr 12,2 % der ackerbaulich genutzten Fläche entspricht. Den Überblick über die Planungsregionen verschafft **Tabelle 29**.

Tabelle 29: Ackerfläche und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse im Szenario NATUR

Planungsregion	Ackerfläche [ha]	Flächenpotenzial [ha]	Anteil [%]
Münster	305.364	0	0,0
Detmold	256.928	35.007	13,6
Arnsberg	90.276	13.963	15,5
RVR	100.439	11.011	11,0
Düsseldorf	121.563	18.566	15,3
Köln	177.757	50.116	28,2
NRW	1.052.327	128.663	12,2

Auf Basis dieser Flächenpotenziale ergibt sich für NRW im Szenario NATUR ein machbares Ausbaupotenzial von ca. 1,6 TWh Strom bzw. ca. 2,0 TWh Wärme pro Jahr. Die räumliche Differenzierung

der Potenziale nach Planungsregionen ist in **Tabelle 30** dargestellt, die Verteilung auf Kreisebene in **Abbildung 21**. Die Ergebnisse des Szenarios NATUR gehen in der Zusammenfassung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

Tabelle 30: Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Ackerflächen im Szenario NATUR

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	0	0
Detmold	468.469	579.423
Arnsberg	122.744	151.815
RVR	128.542	158.986
Düsseldorf	250.610	309.966
Köln	651.014	805.201
NRW	1.621.379	2.005.390

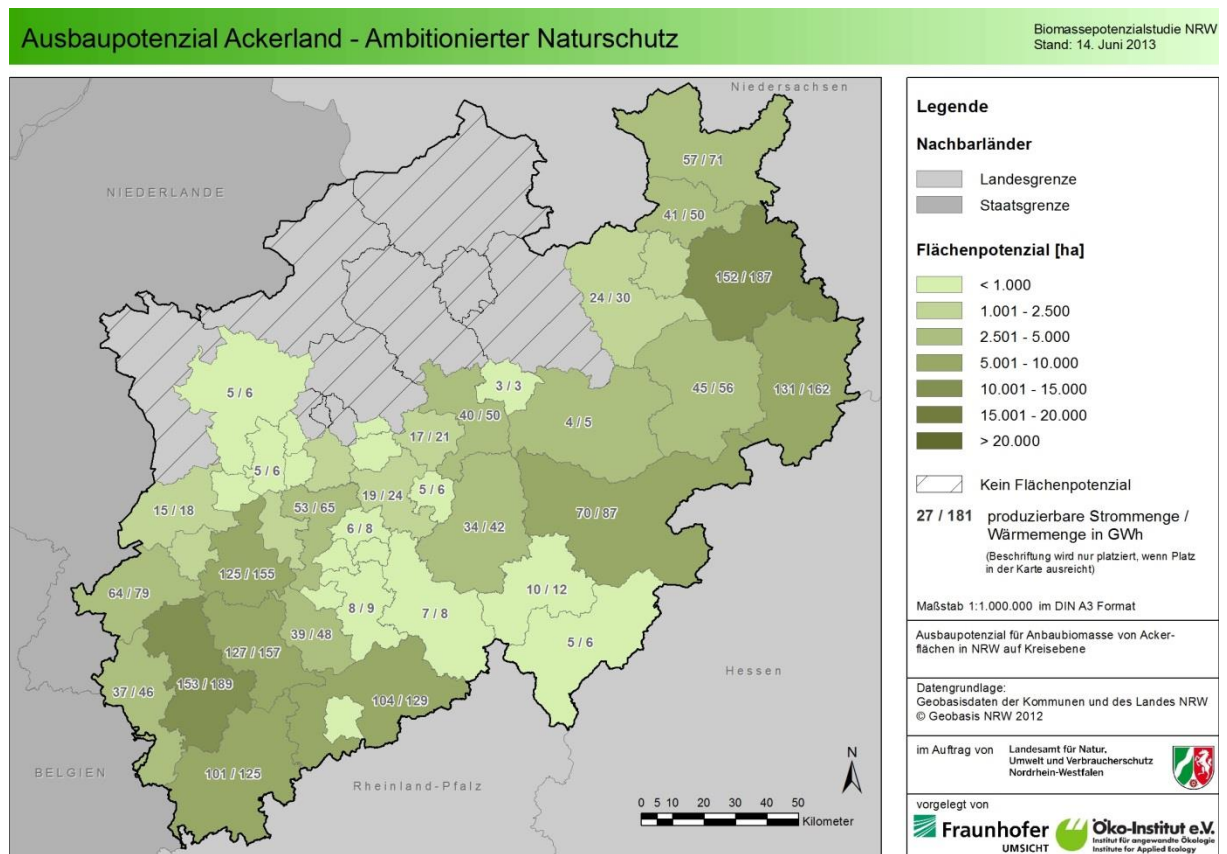


Abbildung 21: Karte der Ausbaupotenziale Ackerland auf Kreisebene – Szenario NATUR

Szenario „Nutzungsmuster 2010“

Die Definition von Szenario NUTZUNG 2010 besagt, dass für Ackerland im Vergleich zur heutigen Situation keine Nutzungsänderungen und keine Änderungen der Stoffströme vorgenommen werden

(vgl. Kapitel 3.2.1.3). Somit ergibt sich nach diesem Szenario kein weiteres Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse.

3.3.1.3 Technisches Potenzial Grünland

In NRW findet gemäß Landwirtschaftszählung 2010 eine Grünlandnutzung aktuell auf 396.792 ha statt. Auf Basis der unter Kapitel 3.2.1.2 beschriebenen Randbedingungen ergibt sich ein technisches Flächenpotenzial von 73.151 ha, welches mehr als 18 % der gesamten Grünlandfläche in NRW entspricht. Differenziert für die einzelnen Planungsregionen ergibt sich das in **Tabelle 31** dargestellte Bild.

Tabelle 31: Grünland und technisches Flächenpotenzial für Anbaubiomasse von Grünland

Planungsregion	Grünland [ha]	Flächenpotenzial [ha]	Anteil [%]
Münster	49.686	0	0,0
Detmold	64.583	451	0,7
Arnsberg	92.192	32.485	35,2
RVR	43.890	4.542	10,3
Düsseldorf	37.280	1.212	3,3
Köln	109.161	34.462	31,6
NRW	396.792	73.151	18,4

Die Planungsregion Münster weist kein weiteres Flächenpotenzial für Grünland auf. Auch Detmold und Düsseldorf haben mit 0,7 % bzw. 3,3 % Anteil an der gesamten Grünlandfläche ein geringes Flächenpotenzial. In den Planungsregionen Arnsberg und Köln stünden hingegen über 30 % der Grünlandfläche im technischen Potenzial zur Verfügung.

NRW-weit lassen sich im technischen Potenzial aus Gras vom Grünland 0,8 TWh Strom und 1,0 TWh Wärme pro Jahr erzeugen (**Tabelle 32**). Dies entspricht weniger als 10 % des technischen Potenzials auf Ackerflächen.

Tabelle 32: Technisches Potenzial Strom und Wärme für Anbaubiomasse von Grünland

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	0	0
Detmold	5.329	6.591
Arnsberg	365.774	452.404
RVR	48.927	60.515
Düsseldorf	13.881	17.168
Köln	367.830	454.948
NRW	801.740	991.626

3.3.1.4 Machbare Ausbaupotenziale Grünland

Im Folgenden wird das Ausbaupotenzial für Biomasse aus Grünland für die vier in **Tabelle 15** beschriebenen Szenarien berechnet.

Szenario „Maximale Substitution“

Im ersten Szenario des machbaren Potenzials summiert sich die Grünlandfläche, die für den Ausbau der Biogasproduktion genutzt werden kann, landesweit auf 56.465 ha. Dies entspricht ca. 14,2 % der Grünlandflächen in NRW. In **Tabelle 33** ist die räumliche Verteilung des Flächenpotenzials auf die Planungsregionen dargestellt. Die höchsten absoluten Potenziale liegen in der Planungsregion Köln und Arnsberg, wohingegen für die Planungsregion Münster keine weiteren Potenziale bestehen.

Tabelle 33: Grünland und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario MAX

Planungsregion	Grünlandfläche [ha]	Flächenpotenzial [ha]	Anteil [%]
Münster	49.686	0	0,0
Detmold	64.583	305	0,5
Arnsberg	92.192	24.263	26,3
RVR	43.890	3.942	9,0
Düsseldorf	37.280	944	2,5
Köln	109.161	27.011	24,7
NRW	396.792	56.465	14,2

Als Energieertrag ergeben sich in NRW Ausbaupotenziale für die jährliche Stromerzeugung von 0,6 TWh und für die Wärmeerzeugung von 0,8 TWh pro Jahr. Ein nach Planungsregionen differenziertes Bild zeigt **Tabelle 34**. Die räumliche Verteilung auf Kreisebene zeigt **Abbildung 22**.

Tabelle 34: Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario MAX

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	0	0
Detmold	2.934	3.629
Arnsberg	271.249	335.492
RVR	42.822	52.965
Düsseldorf	10.900	13.481
Köln	296.932	367.258
NRW	624.837	772.824

Ausbaupotenzial Grünland - Maximale Substitution

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 14. Juni 2013

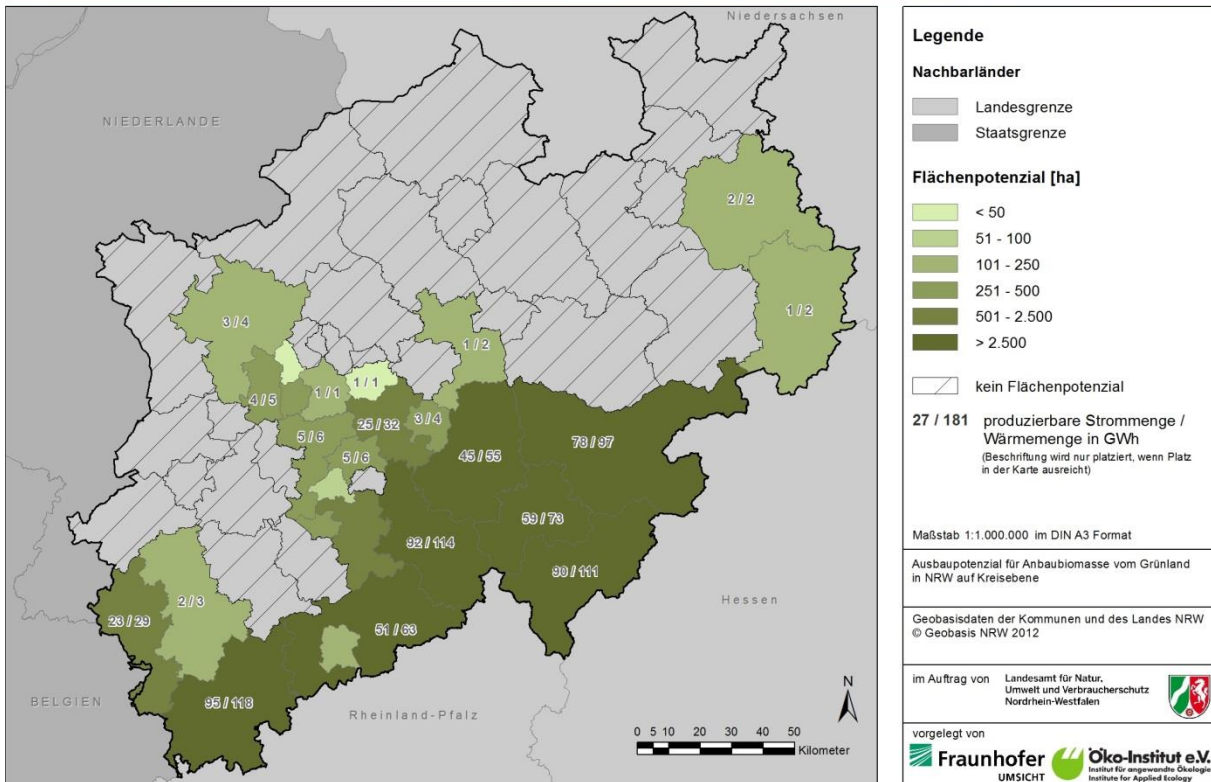


Abbildung 22: Karte der Ausbaupotenziale Grünland auf Kreisebene – Szenario MAX

Szenario „Ambitionierte Düngeverordnung“

Im Szenario N-RED ergibt sich ein Ausbaupotenzial für Fläche in NRW von 38.830 ha. Dies entspricht ca. 10 % der Grünlandfläche. **Tabelle 35** zeigt, dass die höchsten Potenziale für die Planungsregion Arnsberg und Köln zu erwarten sind. In Münster und Detmold sind faktisch keine Potenziale mehr vorhanden.

Tabelle 35: Grünland und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario N-RED

Planungsregion	Grünlandfläche [ha]	Flächenpotenzial [ha]	Anteil [%]
Münster	49.686	0	0,0
Detmold	64.583	149	0,2
Arnsberg	92.192	19.579	21,2
RVR	43.890	1.744	4,0
Düsseldorf	37.280	546	1,5
Köln	109.161	16.812	15,4
NRW	396.792	38.830	9,8

Das Ergebnis der Umrechnung der o.g. Flächenpotenziale in Strom- und Wärmemengen ist in **Tabelle 36** dargestellt. Demnach ergibt sich ein energetisches Ausbaupotenzial von 0,4 TWh/a für die Strom-

erzeugung und 0,5 TWh/a für die Wärmeproduktion. Die räumliche Verteilung auf Kreisebene zeigt **Abbildung 23**.

Tabelle 36: Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario N-RED

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	0	0
Detmold	1.318	1.630
Arnsberg	220.403	272.604
RVR	18.525	22.913
Düsseldorf	6.409	7.927
Köln	186.186	230.282
NRW	432.841	535.356

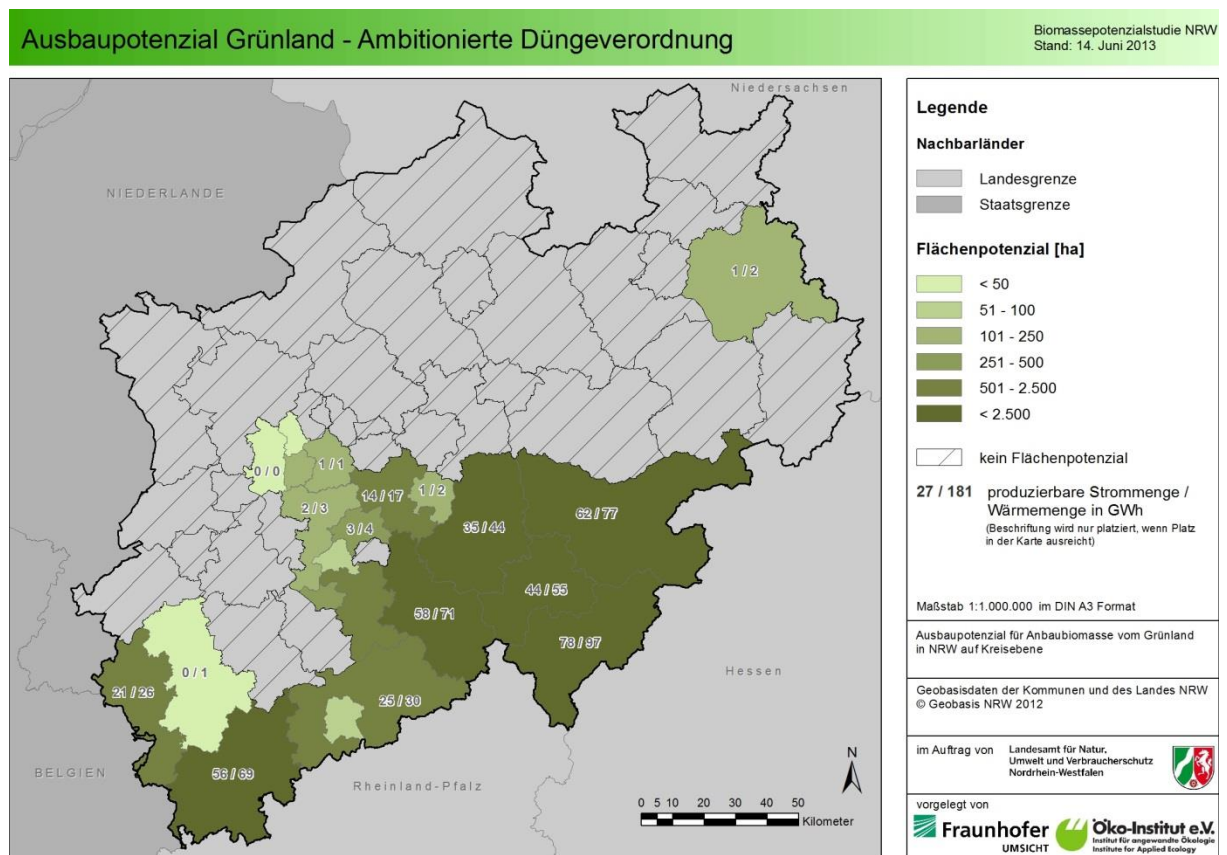


Abbildung 23: Karte der Ausbaupotenziale Grünland auf Kreisebene – Szenario N-RED

Szenario „Ambitionierter Naturschutz“

Im Szenario NATUR wirkt sich vergleichbar zum vorherigen Szenario die Ausweitung des Naturschutzes nicht verringernd auf die zur Verfügung stehende Fläche aus (**Tabelle 37**).

Tabelle 37: Grünland und machbares Ausbaupotenzial Fläche für Anbaubiomasse im Szenario NATUR

Planungsregion	Grünlandfläche [ha]	Flächenpotenzial [ha]	Anteil [%]
Münster	49.686	0	0,0
Detmold	64.583	149	0,2
Arnsberg	92.192	19.579	21,2
RVR	43.890	1.744	4,0
Düsseldorf	37.280	546	1,5
Köln	109.161	16.812	15,4
NRW	396.792	38.830	9,8

Änderungen erfahren die erzielbaren Ernteerträge. Verminderte Ernteerträge mindern ebenfalls die erzeugbaren Mengen an Strom und Wärme. Unter diesen Rahmenbedingungen lassen sich in NRW noch 0,4 TWh Strom und 0,5 TWh Wärme pro Jahr erzeugen und damit geringfügig weniger als im Szenario N-RED. Die Verteilung auf die Planungsregionen zeigt **Tabelle 38**. Die räumliche Verteilung auf Kreisebene zeigt die anschließende **Abbildung 24**. Die Ergebnisse des Szenarios NATUR gehen in der Zusammenfassung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

Tabelle 38: Machbares energetisches Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse von Grünland im Szenario NATUR

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	0	0
Detmold	859	1.063
Arnsberg	214.413	265.195
RVR	18.448	22.817
Düsseldorf	6.409	7.927
Köln	185.357	229.258
NRW	425.486	526.259

Ausbaupotenzial Grünland - Ambitionierter Naturschutz

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 14. Juni 2013

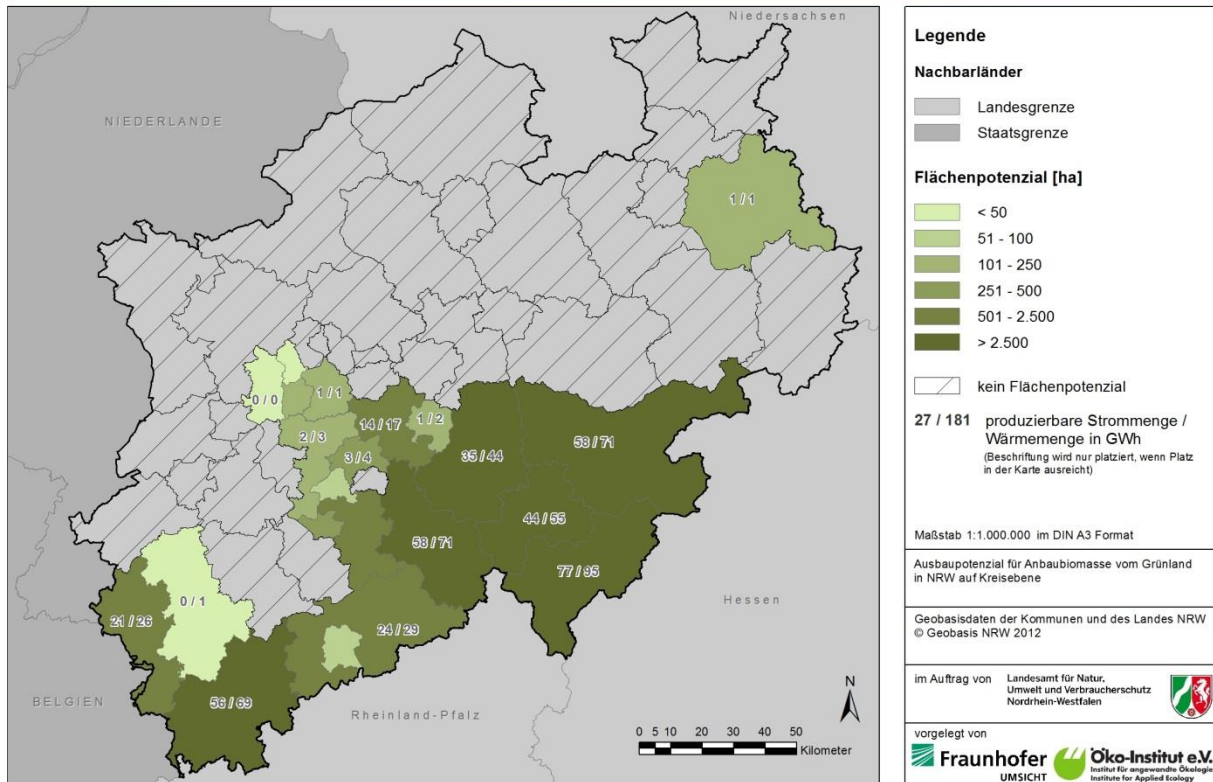


Abbildung 24: Karte der Ausbaupotenziale Grünland auf Kreisebene – Szenario NATUR

Szenario „Nutzungsmuster 2010“

Die Definition von Szenario NUTZUNG 2010 besagt, dass für Grünland keine Nutzungsänderungen und keine Änderungen der Stoffströme vorgenommen werden (vgl. Kapitel 3.2.1.3). Somit ergibt sich nach diesem Szenario kein Ausbaupotenzial.

3.3.1.5 Zusammenfassung Potenziale Anbaubiomasse

Tabelle 39 und Abbildung 25 stellen die Flächenpotenziale in ha für die gesamte Anbaubiomasse (Acker- und Grünland) in den einzelnen Potenzialkategorien bzw. Szenarien dar.

Die Aufstellung zeigt, dass für die Region Detmold und Köln die höchsten technischen Potenziale und machbaren Ausbaupotenziale zu erwarten sind. Der Grund hierfür ist, dass in beiden Planungsregionen viel Getreide angebaut wird, das über überregionale Märkte ersetzt werden kann. Auffallend ist, dass die Planungsregion Münster nur noch im Szenario MAX ein Ausbaupotenzial aufweist. In der traditionellen Veredelungsregion werden viele Futtermittel angebaut, die nicht transportwürdig sind und darum auch nicht substituiert werden können. Darüber hinaus weist diese Region bereits heute die höchsten Stickstoffsalden auf (vgl. Abbildung 13 in Kapitel 3.2.1.2), so dass bei Anlage ambitionierterer Stickstoffgrenzen im Szenario N-RED kein Ausbaupotenzial mehr zu erwarten ist.

Tabelle 39: Flächenpotenziale Anbaubiomasse (Acker- und Grünland) für das technische Potenzial und die Szenarien des machbaren Ausbaupotenzials

Planungs-region	Fläche Acker- und Grünland [ha]	Potenzialkategorie bzw. Szenario Anbaubiomasse [ha]				
		TECH	MAX	N-RED	NATUR	2010
Münster	355.050	71.870	62.787	0	0	0
Detmold	321.511	162.152	120.974	35.433	35.156	0
Arnsberg	182.468	101.354	73.809	37.693	33.542	0
RVR	144.329	65.457	42.640	13.165	12.755	0
Düsseldorf	158.843	74.324	40.484	19.228	19.112	0
Köln	286.918	179.897	117.327	68.647	66.928	0
NRW	1.449.119	655.052	458.021	174.166	167.493	0

Aufgrund der Erhöhung der ökologischen Ansprüche ist zwischen den Szenarien erwartungsgemäß eine Verminderung der Flächenpotenziale zu beobachten. Die größte Reduktion der Potenziale erfolgt durch die Verschärfung der Düngeverordnung im Szenario N-RED. Für gesamt NRW verringert sich das Ausbaupotenzial um über 60 %. Zwischen den Szenarien N-RED und NATUR reduzieren sich die Flächenpotenziale NRW-weit um weitere 4 %. Für das Szenario NUTZUNG 2010 gibt es definitionsgemäß kein Ausbaupotenzial (vgl. Kapitel 3.2.1.3).

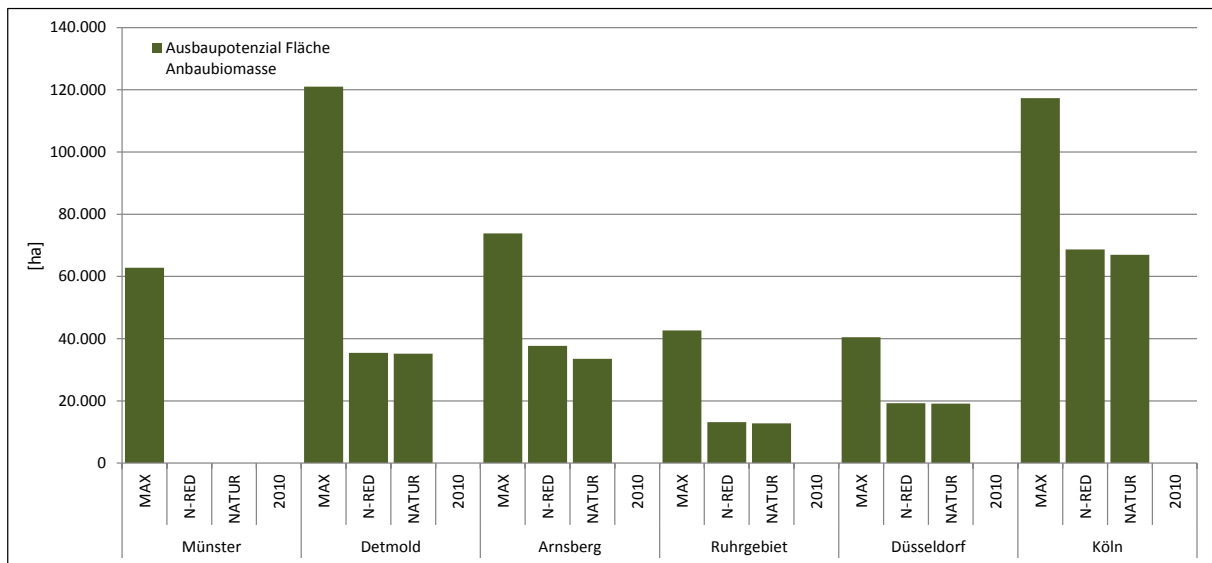


Abbildung 25: Flächenpotenziale der vier Szenarien für Anbaubiomasse (Acker- und Grünland)

Analog zur Entwicklung der Flächenpotenziale verhalten sich die energetischen Potenziale für Strom und Wärme – sie vermindern sich mit Zunahme der Nachhaltigkeitskriterien (**Tabelle 40, Abbildung 26, Tabelle 41, Abbildung 27**). Doch während sich das Flächenpotenzial zwischen den Szenarien N-RED und NATUR NRW-weit um 4 % vermindert, reduzieren sich die energetischen Potenziale aufgrund des Wechsels der Substrate sowie der Ertragsreduktion und Ausweitung von Naturschutzflächen wie z.B. Blühstreifen (vgl. Kapitel 3.2.1.3) stärker, nämlich um 20 %.

Tabelle 40: Strommengen aus Anbaubiomasse (Acker- und Grünland) für das technische Potenzial und die einzelnen Ausbaupotenziale

Planungsregion	Potenzialkategorie bzw. Szenario Anbaubiomasse – Strom [MWh/a]				
	TECH	MAX	N-RED	NATUR	2010
Münster	1.264.570	985.302	0	0	0
Detmold	2.478.170	1.907.873	557.252	469.328	0
Arnsberg	1.441.047	1.054.641	500.624	337.157	0
RVR	1.010.406	638.772	190.455	146.989	0
Düsseldorf	1.146.843	630.121	285.249	257.020	0
Köln	2.555.537	1.755.549	1.019.325	836.371	0
NRW	9.896.573	6.972.258	2.552.906	2.046.865	0

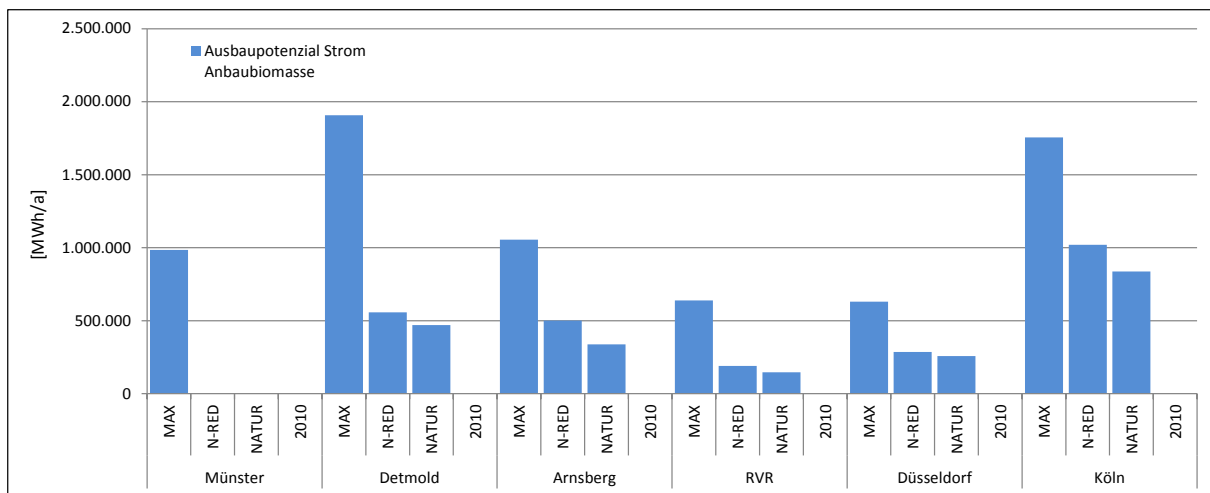


Abbildung 26: Strompotenziale der vier Szenarien für Anbaubiomasse (Acker- und Grünland)

Tabelle 41: Wärmemengen aus Anbaubiomasse (Acker- und Grünland) für das technische Potenzial und die einzelnen Ausbaupotenziale

Planungsregion	Potenzialkategorie bzw. Szenario Grünland – Wärme [MWh/a]				
	TECH	MAX	N-RED	NATUR	2010
Münster	1.564.074	1.218.663	0	0	0
Detmold	3.065.105	2.359.738	689.233	580.485	0
Arnsberg	1.782.347	1.304.425	619.193	417.010	0
RVR	1.249.712	790.061	235.563	181.803	0
Düsseldorf	1.418.463	779.360	352.808	317.893	0
Köln	3.160.797	2.171.336	1.260.744	1.034.459	0
NRW	12.240.498	8.623.583	3.157.541	2.531.649	0

Die Ergebnisse des Szenarios NATUR gehen in der Zusammenfassung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

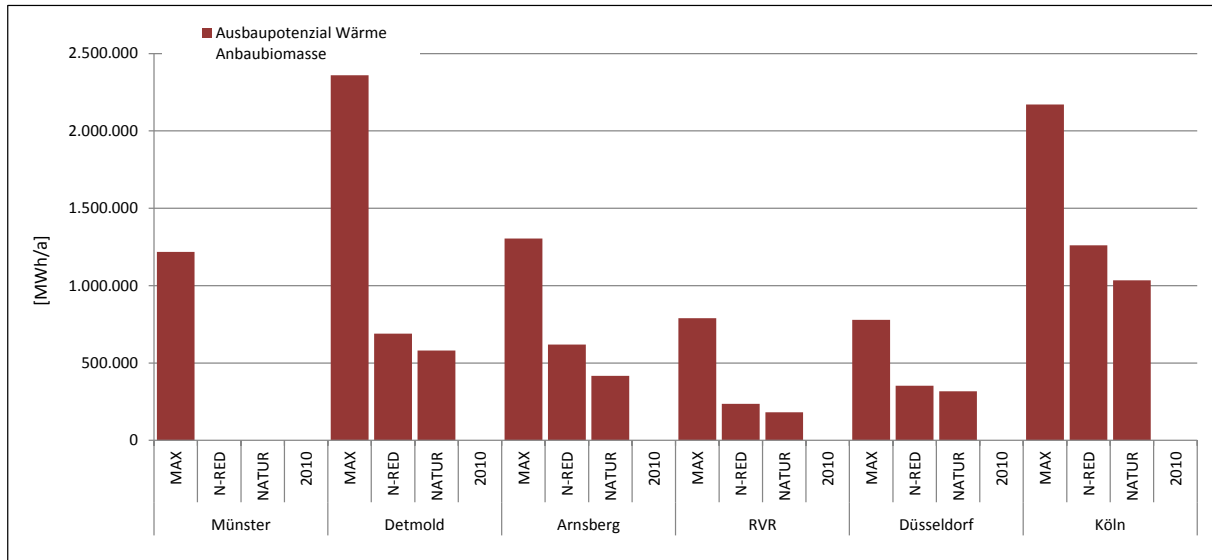


Abbildung 27: Wärmepotenziale der vier Szenarien für Anbaubiomasse (Acker- und Grünland)

3.3.2 Wirtschaftsdünger

3.3.2.1 Technisches Potenzial Wirtschaftsdünger

Der Bestand von Rindern, Schweinen und Geflügel in Nordrhein-Westfalen beläuft sich gemäß Landwirtschaftszählung 2010 auf die in **Tabelle 42** dargestellten Mengen.

Tabelle 42: Statistisch erfasster Tierbestand in NRW und den Planungsregionen (IT.NRW 2010)

Planungsregion	Rinder	Schweine	Geflügel
Münster	478.097	3.693.383	4.278.739
Detmold	200.662	1.531.593	3.472.668
Arnsberg	166.545	459.734	1.197.548
RVR	150.063	523.985	778.925
Düsseldorf	169.136	396.019	1.004.128
Köln	216.320	59.307	575.954
NRW	1.380.823	6.664.021	11.307.962

Innerhalb der einzelnen Gruppen verteilen sich die Bestände auf unterschiedliche Altersklassen mit spezifischem Wirtschaftsdüngeranfall (s. Kapitel 3.2.2, **Tabelle 18**). Demnach ergeben sich unter Berücksichtigung der Haltungformen (s. Kapitel 3.2.2, **Tabelle 20**) für NRW im technischen Potenzial folgende Mengen Wirtschaftsdünger (**Tabelle 43**):

Tabelle 43: Technisches Mengenpotenzial Wirtschaftsdünger in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Wirtschaftsdünger (Festmist und Gülle) [t/a]		
	Rinder	Schweine	Geflügel
Münster	3.784.755	5.538.774	70.808
Detmold	1.851.149	2.305.076	41.135
Arnsberg	1.586.617	688.918	18.908
RVR	1.395.218	761.280	16.522
Düsseldorf	1.771.890	569.753	27.229
Köln	2.065.422	85.643	13.646
NRW	12.455.051	9.949.444	188.249

Gemäß der in Kapitel 3.2.2.2 dargestellten Methodik lassen sich landesweit jährlich ca. 1,6 TWh Strom und 1,9 TWh Wärme über den Technologiepfad Biogas aus Wirtschaftsdünger erzeugen. Diese verteilen sich über die Planungsregionen in NRW wie in **Tabelle 44** dargestellt.

Tabelle 44: Technisches energetisches Potenzial Wirtschaftsdünger in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	638.289	789.463
Detmold	292.360	361.604
Arnsberg	164.888	203.940
RVR	152.157	188.195
Düsseldorf	166.584	206.038
Köln	153.902	190.353
NRW	1.568.181	1.939.592

3.3.2.2 Machbares Potenzial Wirtschaftsdünger

Wie unter Kapitel 3.2.2.3 beschrieben, reduziert sich das Wirtschaftsdüngeraufkommen durch die Betrachtung der Stallgrößen. Gülle und Festmist in Stallungen mit weniger als 50 GVE sind wirtschaftlich nicht fassbar, so dass sich der Gesamtanfall Wirtschaftsdünger im machbaren Potenzial nach **Tabelle 45** darstellt. Im Vergleich zum technischen Potenzial reduzieren sich die Wirtschaftsdünger-mengen für Rinder um ca. 45 %, bei Schweinen um 15 % und bei Geflügel um 29 %.

Tabelle 45: Machbares Mengenpotenzial Wirtschaftsdünger in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Wirtschaftsdünger (Festmist und Gülle) [t/a]		
	Rinder	Schweine	Geflügel
Münster	1.815.914	4.772.124	44.327
Detmold	905.399	1.902.220	33.559
Arnsberg	831.166	572.588	15.609
RVR	784.673	639.249	12.317
Düsseldorf	1.189.472	482.436	21.268
Köln	1.300.911	57.693	7.378
NRW	6.827.534	8.426.311	134.458

Die energetischen Potenziale Strom und Wärme reduzieren sich vom technischen zum machbaren Gesamtpotenzial um ca. 31 % auf 1,1 TWh Strom und 1,3 TWh Wärme pro Jahr. Umgelegt auf die Planungsregionen ergeben sich für den Stoffstrom Wirtschaftsdünger die in **Tabelle 46** dargestellten Strom- und Wärmemengen.

Tabelle 46: Machbares energetisches Potenzial Wirtschaftsdünger in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Machbares Gesamtpotenzial		Bereits genutztes Potenzial		Ausbaupotenzial	
	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	447.756	553.804	81.642	100.979	366.114	452.825
Detmold	201.013	248.621	85.824	106.151	115.189	142.470
Arnsberg	106.601	131.848	40.346	49.902	66.255	81.946
RVR	102.369	126.614	12.751	15.771	89.618	110.843
Düsseldorf	120.192	148.658	21.326	26.377	98.866	122.281
Köln	101.123	125.073	9.982	12.347	91.141	112.726
NRW	1.079.053	1.334.619	251.871	311.527	827.182	1.023.092

In Kapitel 3.1.2 und in der Spalte „Bereits genutztes Potenzial“ (**Tabelle 46**) werden die Strom- und Wärmemengen ausgewiesen, die aktuell in Biogasanlagen erzeugt werden. Hierbei handelt es sich um etwa 23,5 % des machbaren Potenzials. Zur Beschreibung des Ausbaupotenzials ist das bereits genutzte vom machbaren zu subtrahieren, so dass sich für Wirtschaftsdünger ein machbares Ausbaupotenzial von 0,8 TWh Strom pro Jahr und 1,0 TWh Wärme pro Jahr ergibt. Das machbare Gesamtpotenzial auf Kreisebene ist in der nachfolgenden Karte (**Abbildung 28**) dargestellt.

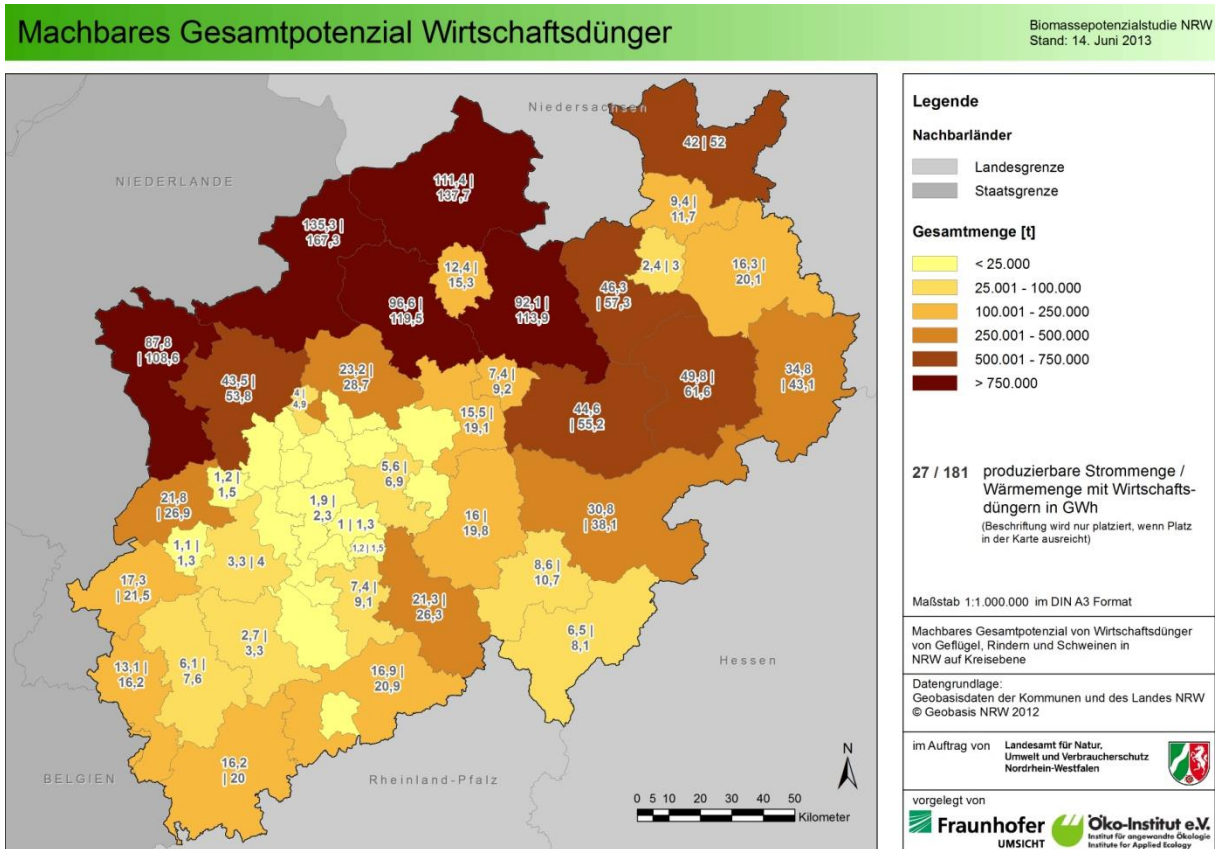


Abbildung 28: Karte der machbaren Gesamtpotenziale von Wirtschaftsdüngern auf Kreisebene pro Jahr

Die höchsten Potenziale für Wirtschaftsdünger sind erwartungsgemäß in der Planungsregion Münster – der traditionellen Veredelungsregion in NRW – zu erwarten.

3.3.3 Erntenebenprodukte

Der Aufwuchs an Erntenebenprodukten aus Getreide-, Raps- und Körnermaisstroh sowie Rübenblättern beläuft sich in NRW auf rund 7,4 Mio. t Frischmasse, von denen ca. 4,5 Mio. t auf Stroh entfallen. Ein großer Anteil der Erntenebenprodukte – Stroh – kann in den Potenzialberechnungen allein einer Wärmenutzung zugeführt werden. Nur ein geringer Anteil kann in Biogasanlagen der gleichzeitigen Strom- und Wärmeabgewinnung dienen.

3.3.3.1 Technisches Potenzial Erntenebenprodukte

Das technische Potenzial berücksichtigt lediglich die unvermeidlichen Bergungsverluste (25 %, vgl. Kapitel 3.2.3.1). Die Erträge an Erntenebenprodukten basieren auf der Flächennutzung von 2010. Aus den in **Tabelle 47** dargestellten Substratmengen können die in **Tabelle 48** ermittelten Energiemengen gewonnen werden.

Tabelle 47: Technisches Mengenpotenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Erntenebenprodukte [t/a]			
	Getreidestroh	Rapsstroh	Körnermaisstroh	Rübenblatt
Münster	495.360	34.060	461.787	37.116
Detmold	540.163	145.172	110.221	212.020
Arnsberg	219.276	55.973	20.136	79.352
RVR	189.764	31.541	68.293	82.806
Düsseldorf	191.323	20.486	41.087	559.229
Köln	421.483	49.264	15.181	1.175.483
NRW	2.057.369	336.496	716.705	2.146.005

Tabelle 48: Technisches energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	6.926	3.473.181
Detmold	39.562	2.829.677
Arnsberg	14.807	1.050.787
RVR	15.451	1.031.355
Düsseldorf	104.349	1.013.025
Köln	219.338	1.969.777
NRW	400.431	11.367.802

Wie in Kapitel 3.2.3 dargestellt, muss für die Summierung von Anbaubiomasse und Erntenebenprodukten zur Ausweisung des technischen Gesamtpotenzials Landwirtschaft das technische Potenzial der Erntenebenprodukte eingeschränkt werden, um nicht mehr Ackerfläche in Summe zu nutzen, als in NRW zur Verfügung steht. In **Tabelle 49** ist die daraus resultierende Strom- und Wärmeproduktion aufgeführt, die sich auf 0,1 TWh Strom und 6,4 TWh Wärme pro Jahr reduzieren.

Tabelle 49: Reduziertes technisches energetisches Potenzial Erntenebenprodukte für die Ausweisung des technischen Gesamtpotenzials Landwirtschaft in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	6.617	3.170.153
Detmold	14.246	1.404.142
Arnsberg	5.066	340.030
RVR	8.198	517.528
Düsseldorf	50.381	520.861
Köln	59.078	442.480
NRW	143.586	6.395.195

3.3.3.2 Machbares Potenzial Erntenebenprodukte

In den vier Szenarien des machbaren Potenzials ist das Potenzial an Körnermais und Rübenblatt konstant, da diese Flächen nicht durch den Anbau von Biogassubstraten substituiert werden. Dagegen variiert das Potenzial von Getreide- und Rapsstroh in den einzelnen Szenarien.

Szenario „Maximale Substitution“

Das Szenario MAX weist das geringste Potenzial für Erntenebenprodukte auf (**Tabelle 50**). In diesem Szenario ist gleichzeitig die Fläche für Anbaubiomasse am größten. Die Flächenpotenziale für Anbaubiomasse und für Erntenebenprodukte verhalten sich gegenläufig.

Tabelle 50: Machbares Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario MAX

Planungsregion	Erntenebenprodukte [t/a]			
	Getreidestroh	Rapsstroh	Körnermaisstroh	Rübenblatt
Münster	159.215	10.399	412.530	33.157
Detmold	84.252	28.709	98.464	189.404
Arnsberg	37.930	13.200	17.988	70.887
RVR	32.956	5.139	61.009	73.973
Düsseldorf	16.977	3.257	36.705	499.578
Köln	53.505	6.340	13.562	1.050.098
NRW	384.835	67.045	640.257	1.917.098

Im Vergleich zum technischen Potenzial reduzieren sich die Mengen an Erntenebenprodukten insgesamt um 43 %. Diese setzen sich zusammen aus einer Mengenreduktion an Getreidestroh um 81 %, bei Rapsstroh um 80 %, bei Körnermaisstroh um ca. 11 % und bei Rübenblatt um 11 %.

Die energetischen Potenziale reduzieren sich auf 0,4 TWh Strom (- 11 %) und 4,3 TWh Wärme (- 63 %) pro Jahr. Umgelegt auf die Planungsregionen ergeben sich für den Stoffstrom Erntenebenprodukte im Szenario MAX die in **Tabelle 51** dargestellten Strom- und Wärmemengen. Einen Überblick der Potenziale auf Kreisebene gibt **Abbildung 29**.

Tabelle 51: Machbares energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario MAX

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	6.187	2.042.449
Detmold	35.342	782.718
Arnsberg	13.227	257.954
RVR	13.803	363.474
Düsseldorf	93.218	314.316
Köln	195.942	498.931
NRW	357.718	4.259.842

Gesamtpotenzial Erntenebenprodukte - Maximale Substitution

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 2. August 2013

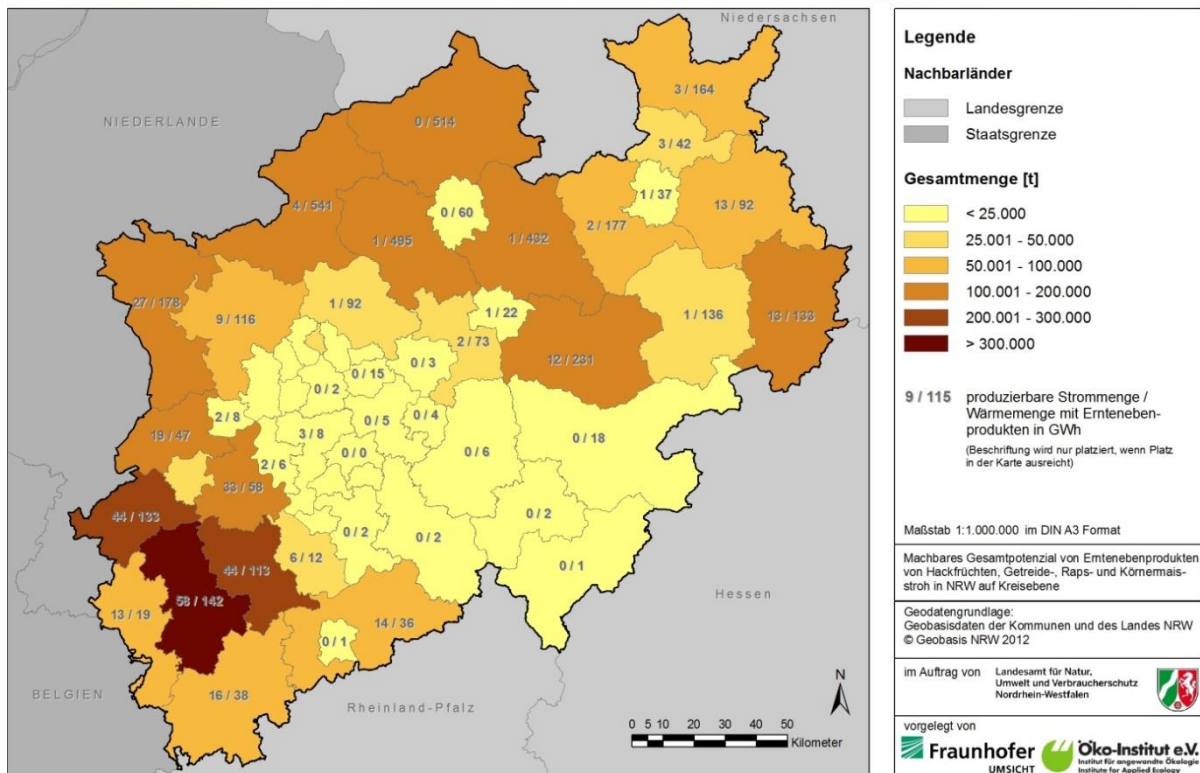


Abbildung 29: Karte der Potenziale von Erntenebenprodukten auf Kreisebene – Szenario MAX

Szenario „Ambitionierte Düngeverordnung“

Im Vergleich zum technischen Potenzial reduzieren sich die Mengen an Erntenebenprodukten (**Tabelle 52**) insgesamt um 30 %. Diese besteht aus einer Mengenreduktion an Getreidestroh um 54 %, bei Rapsstroh um 44 %, bei Körnermaisstroh um ca. 11 % und bei Rübenblatt um 11 %. Im Vergleich mit dem Szenario MAX erhöhen sich die Potenziale für Getreide- und Rapsstroh aber.

Tabelle 52: Machbares Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario N-RED

Planungsregion	Erntenebenprodukte [t/a]			
	Getreidestroh	Rapsstroh	Körnermaisstroh	Rübenblatt
Münster	335.247	30.493	412.530	33.157
Detmold	254.443	87.915	98.464	189.404
Arnsberg	93.501	30.770	17.988	70.887
RVR	80.098	13.452	61.009	73.973
Düsseldorf	76.293	10.729	36.705	499.578
Köln	103.576	13.743	13.562	1.050.098
NRW	943.158	187.103	640.257	1.917.098

Die energetischen Potenziale reduzieren sich gegenüber dem technischen Potenzial auf 0,4 TWh Strom (- 11 %) und 6,6 TWh Wärme (- 42 %) pro Jahr. Umgelegt auf die Planungsregionen ergeben sich für den Stoffstrom Erntenebenprodukte im Szenario N-RED die in **Tabelle 53** dargestellten Strom- und Wärmemengen. Einen Überblick der Potenziale auf Kreisebene gibt **Abbildung 30**.

Tabelle 53: Machbares energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario N-RED

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	6.187	2.727.976
Detmold	35.342	1.584.541
Arnsberg	13.227	513.604
RVR	13.803	557.311
Düsseldorf	93.218	547.763
Köln	195.942	699.822
NRW	357.718	6.631.018

Gesamtpotenzial Erntenebenprodukte - Ambitionierte Düngeverordnung

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 2. August 2013

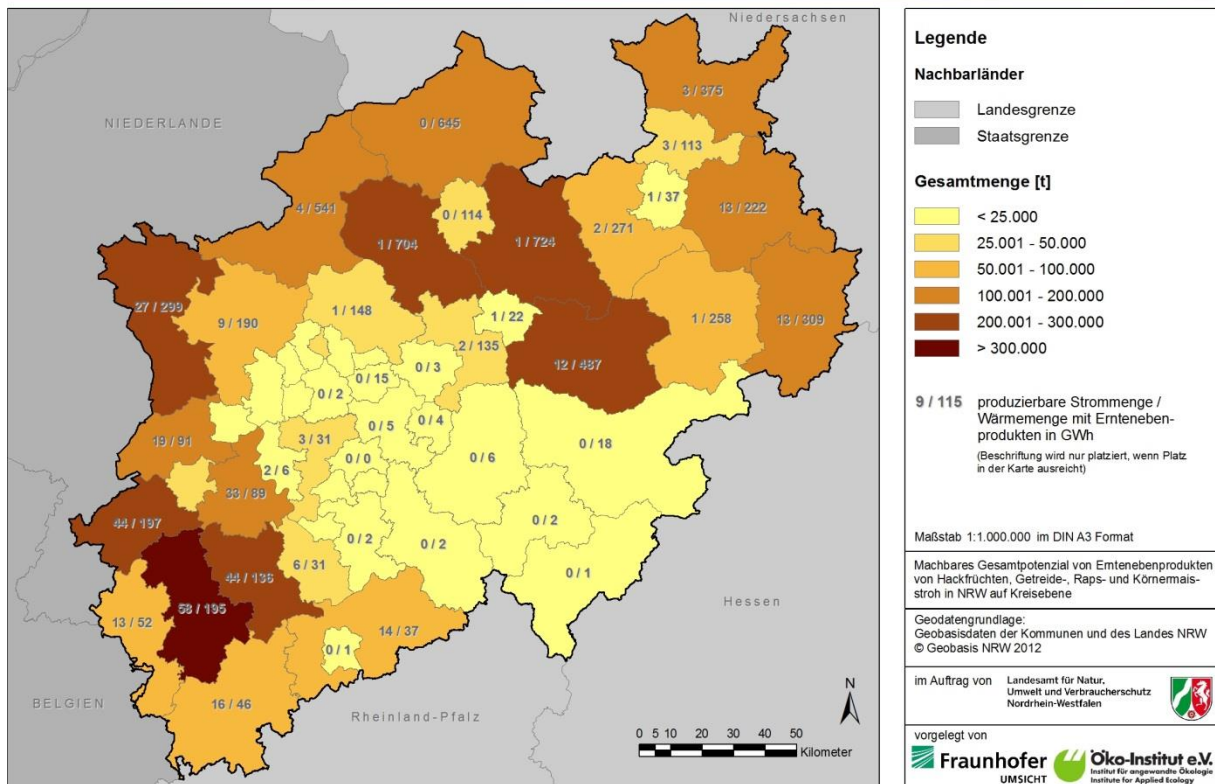


Abbildung 30: Karte der Potenziale von Erntenebenprodukten auf Kreisebene pro Jahr – Szenario N-RED

Szenario „Ambitionierter Naturschutz“

Im Vergleich zum technischen Potenzial reduzieren sich die Mengen an Erntenebenprodukten im Szenario NATUR insgesamt um 29 % (Tabelle 54). Diese besteht aus einer Mengenreduktion an Getreidestroh um 53 %, bei Rapsstroh um 43 %, bei Körnermaisstroh um ca. 11 % und bei Rübenblatt um 11 %. Wiederum erhöhen sich aber Vergleich mit dem vorher gegangenen Szenario N-RED die Potenziale für Getreide- und Rapsstroh.

Tabelle 54: Machbares Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario NATUR

Planungsregion	Erntenebenprodukte [t/a]			
	Getreidestroh	Rapsstroh	Körnermaisstroh	Rübenblatt
Münster	335.247	30.493	412.530	33.157
Detmold	254.903	88.007	98.464	189.404
Arnsberg	105.856	34.675	17.988	70.887
RVR	81.426	13.972	61.009	73.973
Düsseldorf	76.634	10.769	36.705	499.578
Köln	107.053	14.522	13.562	1.050.098
NRW	961.119	192.438	640.257	1.917.098

Die energetischen Potenziale reduzieren sich gegenüber dem technischen Potenzial auf 0,4 TWh Strom (- 11 %) und 6,7 TWh Wärme (- 41 %) pro Jahr. Umgelegt auf die Planungsregionen ergeben sich für den Stoffstrom Erntenebenprodukte im Szenario NATUR die in **Tabelle 55** dargestellten Strom- und Wärmemengen. Einen Überblick der Potenziale auf Kreisebene gibt **Abbildung 31**.

Tabelle 55: Machbares energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario NATUR

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	6.187	2.727.976
Detmold	35.342	1.586.467
Arnsberg	13.227	570.440
RVR	13.803	563.768
Düsseldorf	93.218	549.097
Köln	195.942	714.701
NRW	357.718	6.712.449

Analog zur Anbaubiomasse gehen die Ergebnisse des Szenarios NATUR in der Zusammenfassung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

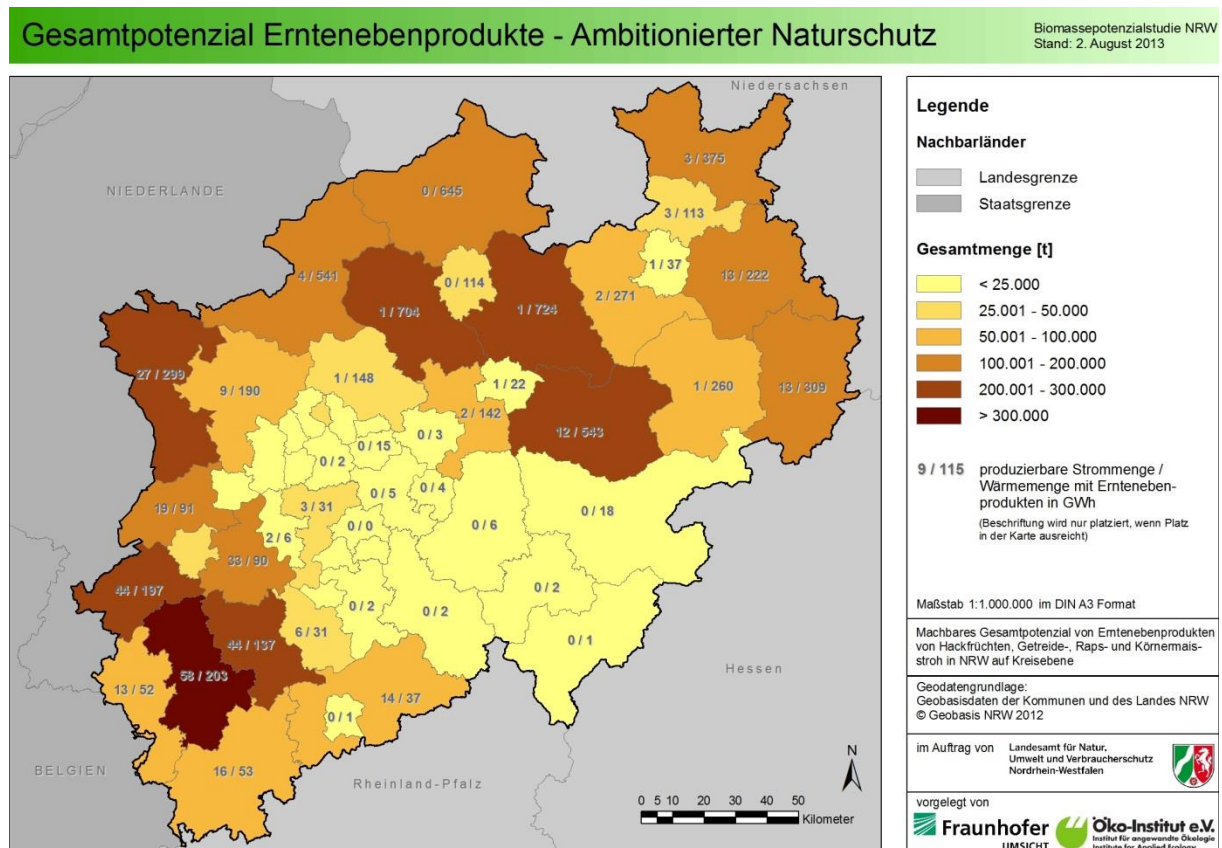


Abbildung 31: Karte der Potenziale von Erntenebenprodukten auf Kreisebene pro Jahr – Szenario NATUR

Szenario „Nutzungsmuster 2010“

Im Vergleich zum technischen Potenzial reduzieren sich die Mengen an Erntenebenprodukten im Szenario NUTZUNG 2010 insgesamt um 19 % (**Tabelle 56**). Diese setzen sich zusammen aus einer Mengenreduktion an Getreidestroh um 32 % und jeweils 11 % bei Raps- und Körnermaisstroh sowie Rübenblatt. Im Vergleich zu den anderen machbaren Szenarien ist in diesem Szenario das machbare Potenzial aber am höchsten.

Tabelle 56: Machbares Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario NUTZUNG 2010

Planungsregion	Erntenebenprodukte [t/a]			
	Getreidestroh	Rapsstroh	Körnermaisstroh	Rübenblatt
Münster	335.247	30.427	412.530	33.157
Detmold	366.013	129.687	98.464	189.404
Arnsberg	148.873	50.002	17.988	70.887
RVR	128.492	28.176	61.009	73.973
Düsseldorf	129.699	18.301	36.705	499.578
Köln	284.859	44.009	13.562	1.050.098
NRW	1.393.182	300.603	640.257	1.917.098

Die energetischen Potenziale Strom und Wärme reduzieren sich auf 0,4 TWh Strom (- 11 %) und 8,6 TWh Wärme (- 24 %) pro Jahr. Umgelegt auf die Planungsregionen ergeben sich für den Stoffstrom Erntenebenprodukte im Szenario NUTZUNG 2010 die in **Tabelle 57** dargestellten Strom- und Wärmemengen. Einen Überblick der Potenziale auf Kreisebene gibt **Abbildung 32**.

Tabelle 57: Machbares energetisches Potenzial Erntenebenprodukte in NRW und den Planungsregionen – Szenario NUTZUNG 2010

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	6.187	2.727.745
Detmold	35.342	2.120.523
Arnsberg	13.227	774.373
RVR	13.803	777.928
Düsseldorf	93.218	760.903
Köln	195.942	1.439.261
NRW	357.718	8.600.734

Gesamtpotenzial Erntenebenprodukte - Nutzungsmuster 2010

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 2. August 2013

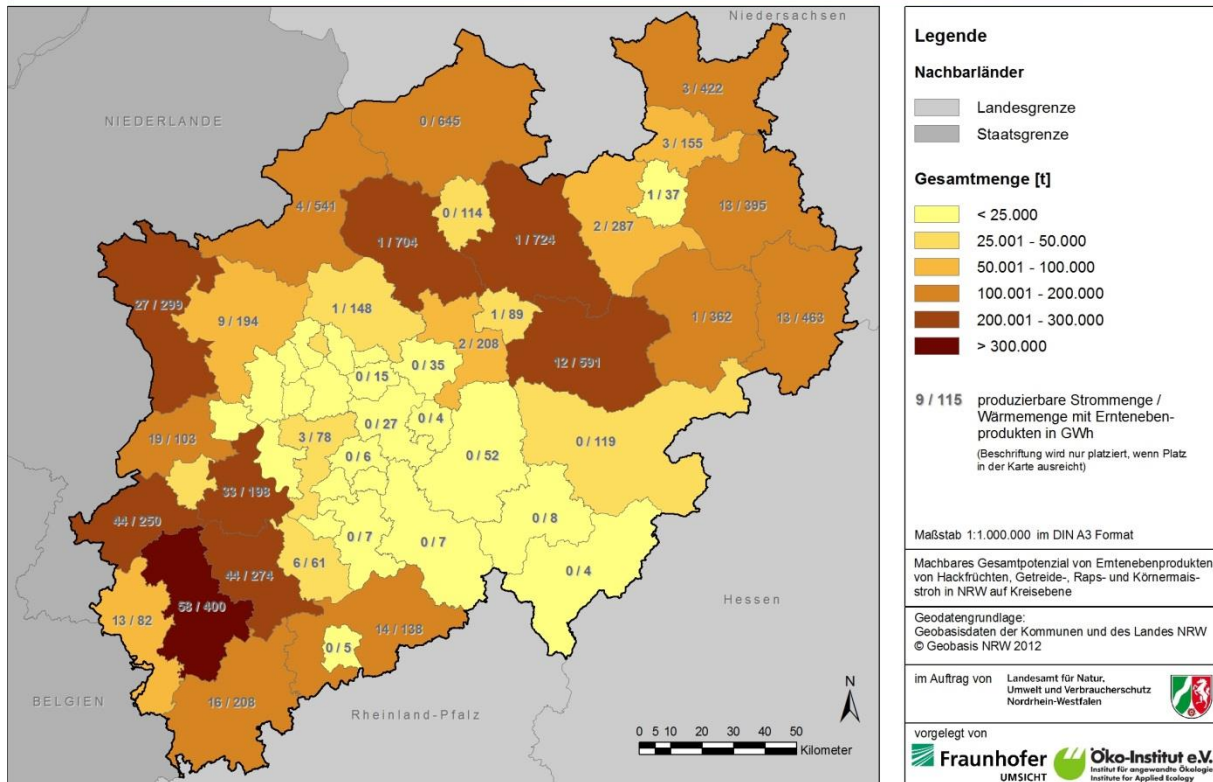


Abbildung 32: Karte der Potenziale von Erntenebenprodukten auf Kreisebene pro Jahr – Szenario NUTZUNG 2010

3.3.4 Gesamtbetrachtung der landwirtschaftlichen Biomassen

Das folgende Kapitel dient der Zusammenfassung der Stoffströme Anbaubiomasse, Wirtschaftsdünger und Erntenebenprodukte. Für die unterschiedlichen Szenarien werden auf Ebene der Planungsregionen die einzelnen Potenziale summiert und als Gesamtwert für den landwirtschaftlichen Sektor dargestellt.

3.3.4.1 Technisches Potenzial Landwirtschaft

Das technische Potenzial für den Sektor Landwirtschaft als Summe der Stoffströme Anbaubiomasse, Wirtschaftsdünger und Erntenebenprodukte umfasst 11,6 TWh Strom und 20,6 TWh Wärme pro Jahr. Für die einzelnen Planungsregionen ist das Ergebnis in **Tabelle 58** dargestellt.

Tabelle 58: Technisches energetisches Potenzial Landwirtschaft für NRW und die Planungsregionen

Planungsregion	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	1.909.477	5.523.690
Detmold	2.784.776	4.830.851
Arnsberg	1.611.000	2.326.317
RVR	1.170.760	1.955.435
Düsseldorf	1.363.807	2.145.363
Köln	2.768.518	3.793.630
NRW	11.608.339	20.575.284

Die prozentuale Verteilung der Herkunftsbereiche für das technische Potenzial ist in **Abbildung 33** dargestellt. Es zeigt sich, dass für den Wärmesektor die Nutzung von Erntenebenprodukten eine wichtige Rolle spielen kann.

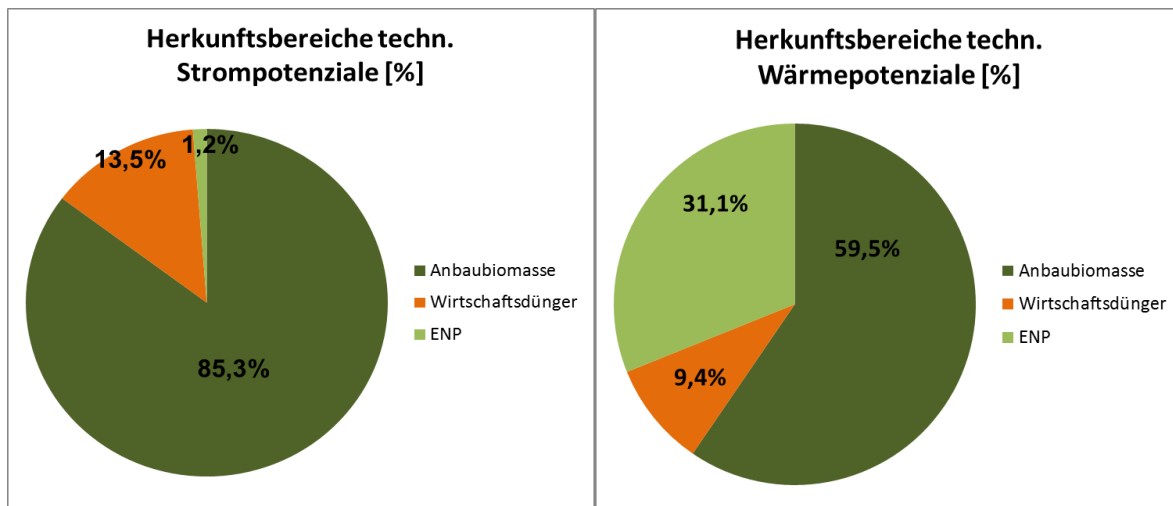


Abbildung 33: Herkunftsbereiche der technischen Strom- und Wärmepotenziale Landwirtschaft

3.3.4.2 Machbares Ausbaupotenzial Landwirtschaft

Auf Ebene der Planungsregionen zeigen sich für den Stromsektor die in **Tabelle 59** und **Abbildung 34** dargestellten Ergebnisse für die Potenziale aus der Landwirtschaft.

Tabelle 59: Technisches Potenzial und machbare Ausbaupotenziale Strom für NRW und die Planungsregionen - Landwirtschaft

Planungsregion	Technisches Potenzial und machbare Ausbaupotenziale aus den Szenarien - Strom [TWh/a]					Realisiert
	TECH	MAX	N-RED	NATUR	2010	
Münster	1,91	1,36	0,37	0,37	0,37	0,53
Detmold	2,78	2,06	0,71	0,62	0,15	0,45
Arnsberg	1,61	1,13	0,58	0,42	0,08	0,17
RVR	1,17	0,74	0,29	0,25	0,10	0,06
Düsseldorf	1,36	0,82	0,48	0,45	0,19	0,11
Köln	2,77	2,04	1,31	1,12	0,29	0,08
NRW	11,61	8,16	3,74	3,23	1,18	1,41

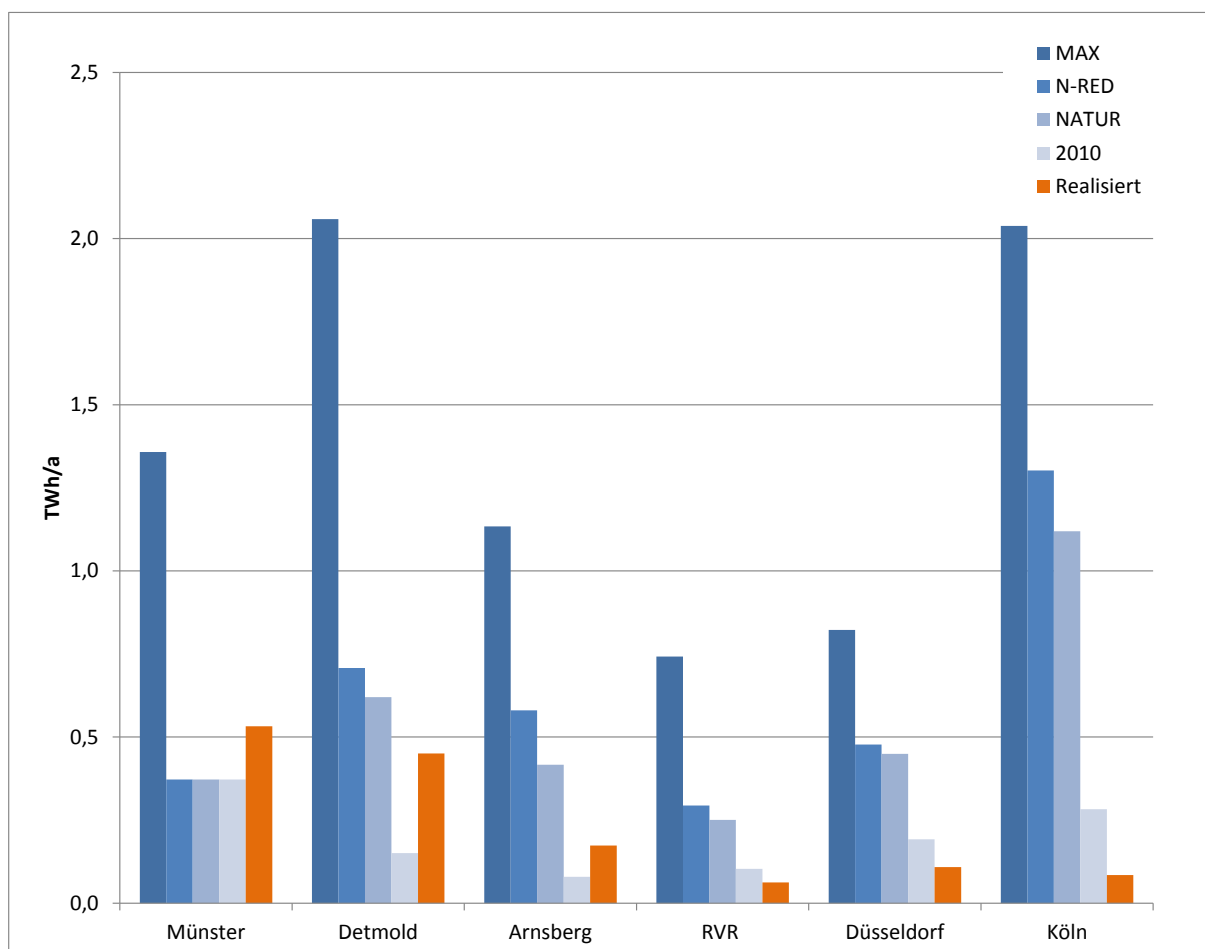


Abbildung 34: Machbare Ausbaupotenziale und bereits realisierter Anteil Strom in den Planungsregionen im Sektor Landwirtschaft

Beim Vergleich der machbaren Szenarien fällt auf, dass im Szenario MAX die größten Ausbaupotenziale mit knapp über 2 TWh/a in den Planungsregionen Detmold und Köln zu finden sind. Diese beiden Planungsregionen weisen mit fast 1,9 TWh/a bzw. fast 1,7 TWh/a aber auch die größte Spanne zwischen den Szenarien MAX und NUTZUNG 2010 auf. Dies ist in der Planungsregion

Detmold v.a. auf die Anwendung einer ambitionierteren Düngeverordnung im Szenario N-RED zurückzuführen. In dieser Planungsregion werden schon heute hohe Stickstoff-Konzentrationen im Boden erreicht, so dass bei Anlage von strengeren Grenzwerten das Flächenpotenzial für Anbaubiomasse stark eingeschränkt wird. In Köln hingegen erfährt das Potenzial seine größte Verringerung zwischen den Szenarien NATUR und NUTZUNG 2010. Da in der Planungsregion Köln traditionell viel Getreide und Hackfrüchte angebaut werden, aber eine geringe Viehdichte vorliegt, rekrutiert sich das Potenzial im Schwerpunkt aus der Anbaubiomasse. Darüber hinaus wird in der Planungsregion Köln aktuell wenig landwirtschaftliche Biomasse energetisch genutzt (vgl. Kapitel 3.1.3). Im Gegensatz hierzu zeigt sich in der Planungsregion Münster die höchste aktuelle Nutzung von Biomasse und ein Ausbaupotenzial, das sich in den Szenarien N-RED und NATUR fast ausschließlich aus der energetischen Nutzung von Wirtschaftsdüngern herleitet. Da in dieser Planungsregion bereits viel Wirtschaftsdünger aufgrund der hohen Viehdichte auf die landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht wird, ist aufgrund der ambitionierten N-Grenzen so gut wie kein Spielraum mehr für die Nutzung von weiterer Anbaubiomasse, sofern auf ein Nährstoffmanagement (z.B. Gärrestaufbereitung und Export) verzichtet wird. Lediglich bei Anlegen der aktuellen N-Grenzen (Szenario MAX) ist noch Potenzial für Anbaubiomasse in der Planungsregion Münster. Die insgesamt geringsten Potenziale weist die Planungsregion RVR mit dem dicht besiedelten Ballungsraum Ruhrgebiet und einer geringen landwirtschaftlichen Fläche im Vergleich mit den übrigen Planungsregionen aus.

Für die Wärmeerzeugung auf Basis landwirtschaftlicher Biomassen sind die Ergebnisse in **Tabelle 60** und **Abbildung 35** dargestellt.

Tabelle 60: Technisches Potenzial und machbare Ausbaupotenziale Wärme für NRW und die Planungsregionen - Landwirtschaft

Planungsregion	Technisches Potenzial und machbare Ausbaupotenziale aus den Szenarien - Wärme [TWh/a]					Realisiert
	TECH	MAX	N-RED	NATUR	2010	
Münster	5,52	3,71	3,18	3,18	3,18	0,66
Detmold	4,83	3,28	2,42	2,31	2,26	0,56
Arnsberg	2,33	1,64	1,21	1,07	0,86	0,21
RVR	1,96	1,26	0,90	0,86	0,89	0,08
Düsseldorf	2,15	1,22	1,02	0,99	0,88	0,13
Köln	3,79	2,78	2,07	1,86	1,55	0,10
NRW	20,58	13,91	10,81	10,27	9,62	1,75

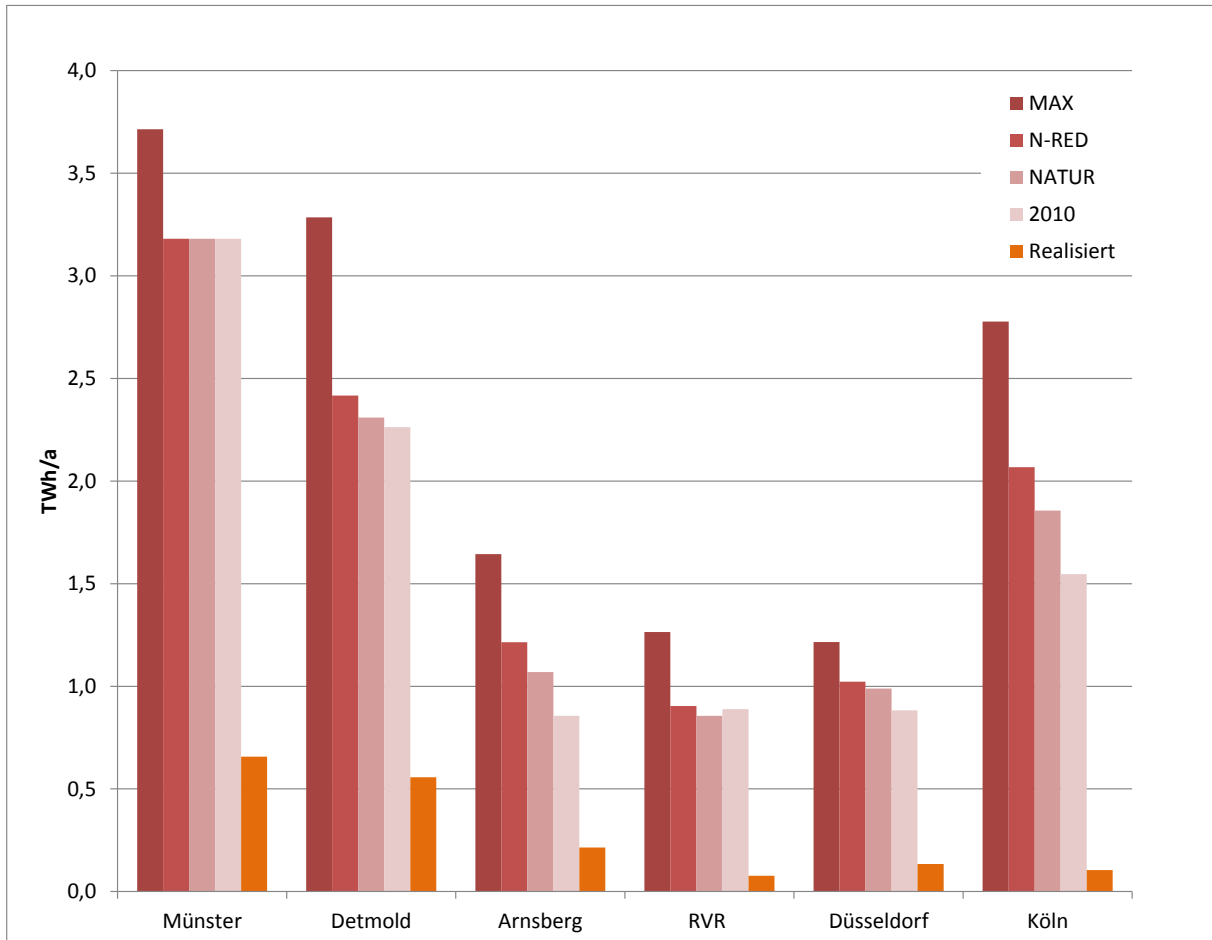


Abbildung 35: Machbare Ausbaupotenziale und bereits realisierter Anteil Wärme in den Planungsregionen im Sektor Landwirtschaft

Bei den Wärmepotenzialen liegen die größten machbaren Ausbaupotenziale für alle Szenarien in der Planungsregion Münster. Genauso wie bei den Ausbaupotenzialen für Strom fällt in Münster auf, dass die Szenarien N-RED, NATUR und NUTZUNG 2010 mit jeweils 3,2 TWWh/a die gleichen Ausbaupotenziale aufweisen. Dies liegt auch hier daran, dass die Planungsregion Münster unter Annahme einer ambitionierteren Düngeverordnung (Szenarien N-RED und NATUR) kein Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse mehr aufweist. Die Ausbaupotenziale der beiden genannten Szenarien setzen sich allein aus Wirtschaftsdüngern und Erntenebenprodukten zusammen. Die Planungsregion Detmold ist die Region mit dem zweithöchsten Wärmepotenzial. Auch hier ergibt sich die größte Reduktion (0,9 TWWh/a) durch die Annahme ambitionierterer N-Grenzen. Die Annahme strikterer Naturschutzanforderungen reduziert das Potenzial hingegen nicht so stark (0,1 TWWh/a).

3.4 Zusammenfassung und Fazit Landwirtschaft auf Landesebene

In der Gesamtschau ergeben sich für NRW die in **Tabelle 61** aufgeführten energetischen Potenziale. Auf Landesebene wird für die Szenarien der machbaren Potenziale ein Gesamtpotenzial ausgewiesen. Dies besteht aus dem Ausbaupotenzial, detailliert beschrieben unter Kapitel 3.3, und bereits realisierten Potenzialen, beschrieben unter Kapitel 3.1.

Tabelle 61: Übersicht der energetischen Gesamtpotenziale Landwirtschaft in NRW

Potenzial/Szenario	Strom [TWh/a]	Wärme [TWh/a]
Technisches Potenzial	11,61	20,58
Machbares Gesamtpotenzial: Szenario MAX	9,57	15,65
Machbares Gesamtpotenzial: Szenario N-RED	5,15	12,56
Machbares Gesamtpotenzial: Szenario NATUR	4,64	12,01
Machbares Gesamtpotenzial: Szenario NUTZUNG 2010	2,60	11,37
Davon bereits genutzt/realisiert	1,41	1,75

Tabelle 61 zeigt für den Strombereich ein machbares Gesamtpotenzial zwischen 2,6 und 9,6 TWh/a – je nach betrachtetem Szenario. Von diesem Gesamtpotenzial werden aktuell bereits 1,4 TWh/a genutzt. Als Ausbaupotenzial verbleiben demnach in den einzelnen Szenarien zwischen 1,2 und 8,2 TWh/a. Im Vergleich zu den Wärmepotenzialen zeigt sich, dass durch den landwirtschaftlichen Sektor höhere Potenziale im Bereich Wärme als im Bereich Strom zur Verfügung stehen. Insgesamt ergibt sich für NRW ein machbares Wärmegesamtpotenzial zwischen 11,4 und 15,7 TWh/a bzw. ein machbares Ausbaupotenzial (Gesamtpotenzial abzüglich des bereits genutzten Anteils von 1,8 TWh/a) zwischen 9,6 und 13,9 TWh/a. Die Differenz zwischen minimalen und maximalen Potenzialen ist im Wärmebereich geringer, als im Strombereich. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich bei abnehmender Nutzung der Anbaubiomasse gleichzeitig die nutzbare Menge an Erntenebenprodukten erhöht. Diese werden zum Großteil der thermischen Nutzung zugeführt. Anlagen zur thermischen Verwertung von Erntenebenprodukten im größeren Maßstab finden sich in NRW zurzeit noch nicht, so dass zur Realisierung der Potenziale noch Entwicklungsbedarf besteht.

Tabelle 61 macht außerdem deutlich, dass unter den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft die energetische Biomassenutzung im Strombereich fast um den Faktor sieben, im Wärmebereich sogar um den Faktor neun ausgebaut werden könnte. Werden hingegen gemäß den Zielen der Landesregierung strengere Stickstoffgrenzen sowie ambitioniertere Naturschutzauflagen den Berechnungen zu Grunde gelegt, könnte immerhin noch ein mehr als dreimal so hoher Stromertrag sowie ein siebenmal so hoher Wärmeertrag wie aktuell erschlossen werden – wie das Szenario NATUR zeigt. Die Ergebnisse dieses Szenarios gehen in der Zusammenfassung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

Die prozentuale Verteilung der Strom- und Wärmemengen auf die Herkunftsbereiche innerhalb der einzelnen Szenarien ist **Abbildung 36** und **Abbildung 37** zu entnehmen.

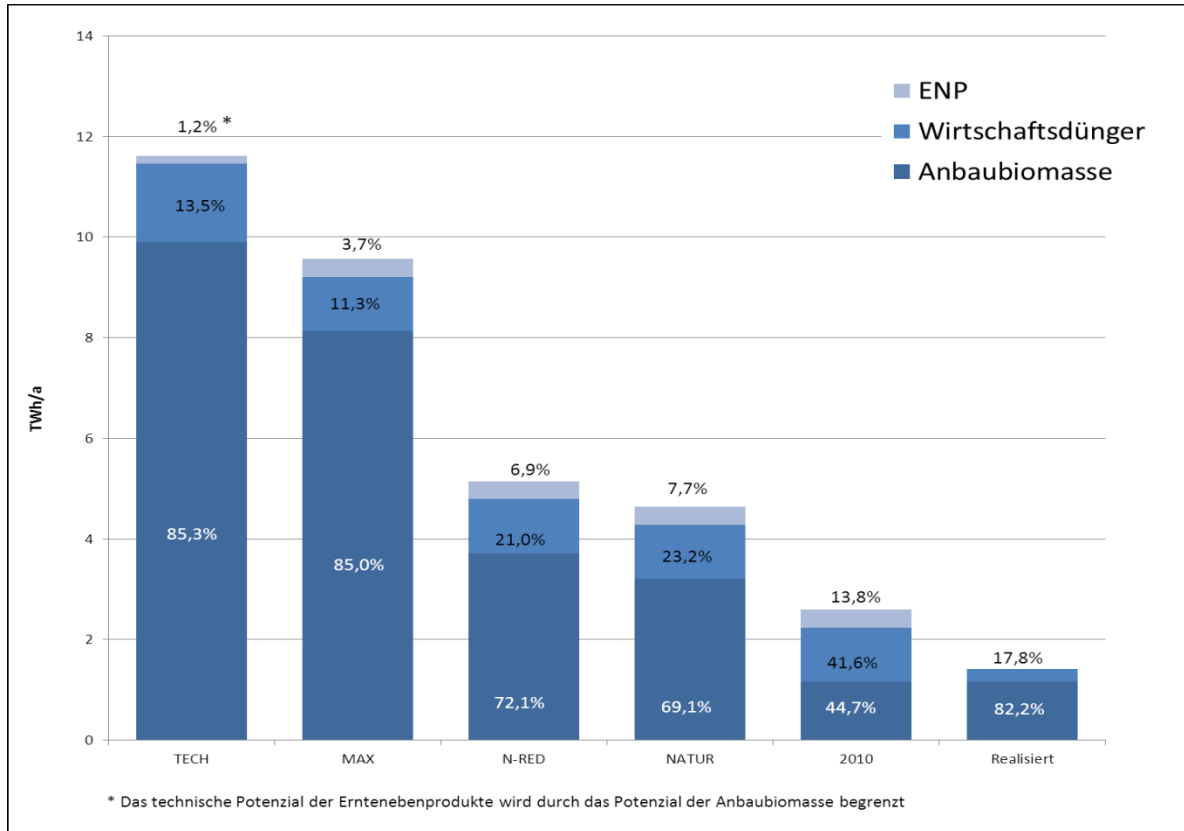


Abbildung 36: Übersicht zum Gesamtpotenzial Strom pro Jahr und Zusammensetzung der Herkunftsbereiche im Sektor Landwirtschaft

Abbildung 36 zeigt, dass die größten Potenzialdifferenzen (mehr als 4 TWh/a) im Strombereich durch die Anwendung ambitionierterer Stickstoffgrenzen im Szenario N-RED zu verzeichnen sind. Im Gegensatz dazu verringern ambitioniertere Naturschutzanforderungen das Gesamtpotenzial lediglich um weitere 0,5 TWh/a. Wird darüber hinaus zukünftig komplett auf die zusätzliche Nutzung von Anbaubiomasse verzichtet, verringert sich das Gesamtpotenzial um weitere 2,0 TWh/a. Der Rückgang der Strompotenziale in den Szenarien ist dabei allein auf eine reduzierte Nutzung von Anbaubiomasse zurückzuführen. Die absoluten Mengen an verstromtem Wirtschaftsdünger und Erntenebenprodukten ändern sich für die Strompotenziale nicht – wohl aber die prozentualen Anteile, wie **Abbildung 36** zeigt. Ein Großteil der Erntenebenprodukte – alle Strohanteile – kann nicht verstromt werden, sondern wird der thermischen Nutzung zugeführt. Für Strom sind hier nur die Ernterückstände der Hackfrüchte relevant, deren Anteile sich zwischen den Szenarien nicht verändern.

Unter den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen im Szenario MAX kann die Anbaubiomasse einen bedeutenden Schwerpunkt bei der Verstromung von Biomasse spielen. Dies würde bedeuten, dass zu den aktuell etwa 85.000 ha mit Energiepflanzen belegten Fläche (davon 65.000 ha mit Silomais), etwa 450.000 ha zusätzliche landwirtschaftliche Fläche für den Anbau für Energiepflanzen genutzt würden. Im Sinne eines nachhaltigen und naturverträglichen Ausbaus der energetischen Biomassennutzung würden ambitioniertere Stickstoffgrenzen und strengere Naturschutzauflagen im Szenario NATUR die Flächeninanspruchnahme durch Energiepflanzen begrenzen. Die Potenzialflächen im Szenario NATUR liegen im Schwerpunkt im Regierungsbezirk Köln. Im Regierungsbezirk Münster hingegen liegt schon heute der Schwerpunkt der aktuellen Nutzung von Anbaubiomasse, hier finden

sich keine weiteren Ausbaupotenziale mehr. In der traditionellen Veredelungsregion können noch Ausbaupotenziale durch die Nutzung von Wirtschaftsdünger erschlossen werden.

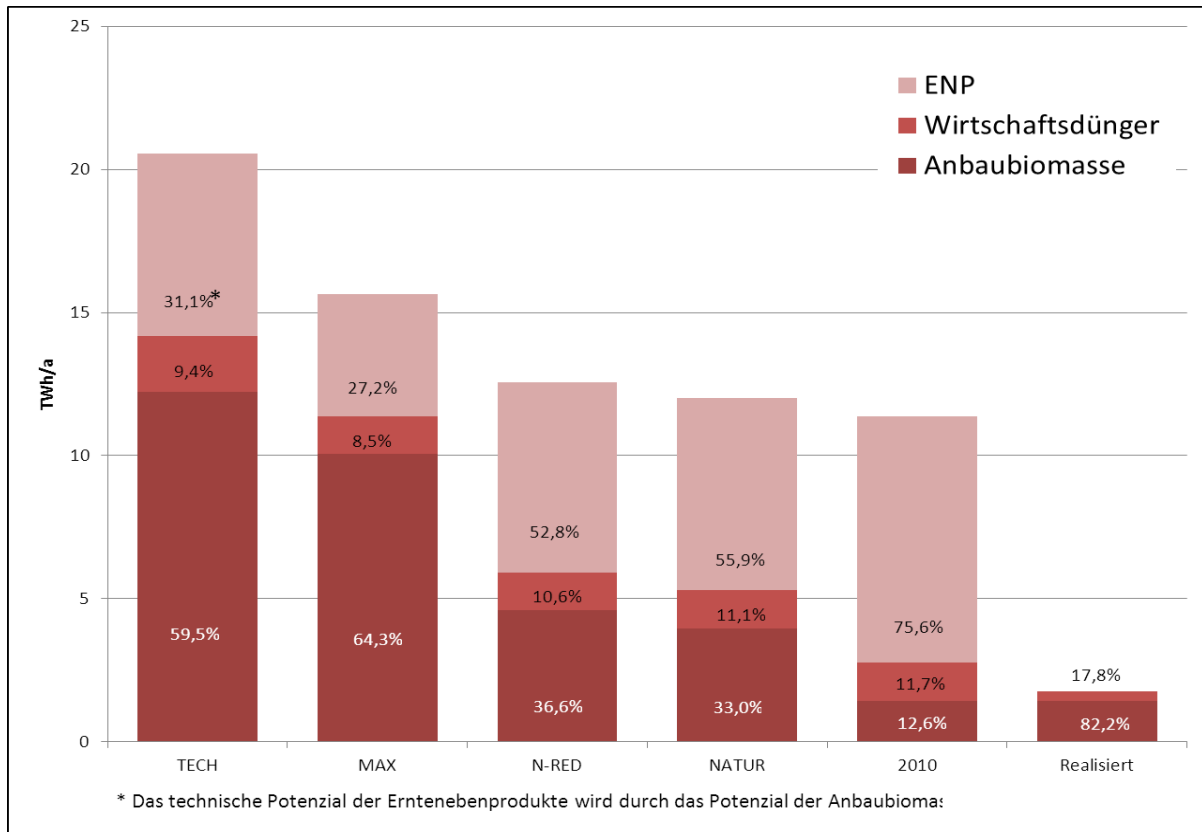


Abbildung 37: Übersicht zum Gesamtpotenzial Wärme pro Jahr und Zusammensetzung der Herkunftsbereiche im Sektor Landwirtschaft

Abbildung 37 zeigt, dass auch im Wärmebereich die größten Potenzialdifferenzen (3,1 TWh/a) zwischen den Szenarien MAX und N-RED zu verzeichnen sind. Ambitioniertere Naturschutzanforderungen verringern das Gesamtpotenzial um weitere 0,6 TWh/a. Der geringere Rückgang der Wärmepotenziale im Gegensatz zu den Strompotenzialen ist hier auf die steigende energetische Nutzung von Erntenebenprodukten zurückzuführen, welche die reduzierte Nutzung von Anbaubiomasse zu einem großen Anteil ausgleichen kann. Im Szenario NATUR erreicht der Anteil der Erntenebenprodukte an der Wärmebereitstellung mehr als 55 %, im Szenario NUTZUNG-2010 mehr als 75 %. Auch im Wärmebereich ändert sich die absolute Menge an Wirtschaftsdünger nicht, wohl aber der prozentuale Anteil.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss darauf hingewiesen werden, dass die Potenziale der Erntenebenprodukte ungleich schwerer zu mobilisieren sind als die der Anbaubiomasse. Es existieren in NRW (noch) keine Anlagen zur thermischen Nutzung von Stroh im großen Maßstab. Darüber hinaus ist die Bergung des Strohs unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten als relativ aufwändig einzustufen. Technologiesprünge sind in Deutschland nicht zu erwarten. Humusbilanzen müssen bei einer eventuellen Bergung berücksichtigt werden. Dagegen lassen sich die Ausbaupotenziale für Wirtschaftsdünger mit bereits vorhandener Technologie erschließen. Eine energetische Nutzung von Wirtschaftsdünger ist darüber hinaus aus Klimaschutzgründen vor der unbehandelten Ausbringung vorzuziehen.

3.5 Nutzungskonkurrenzen in der Landwirtschaft

Bereits heute bestehen in NRW vielfältige Ansprüche an die landwirtschaftliche Fläche. Dabei kann Konkurrenz um landwirtschaftliche Fläche durch Ansprüche von außerhalb des Systems Landwirtschaft entstehen (bspw. Umwidmung von Ackerland in Siedlungs- und Verkehrsflächen), oder innerhalb durch unterschiedliche Nutzungen (bspw. ökologischer Landbau versus konventioneller Landbau, Lebensmittelanbau versus Futtermittel oder Nawaro etc.). De facto gibt es in NRW keine ungenutzten landwirtschaftlichen Flächen. Im Gegenteil, NRW als am dichtesten besiedeltes Bundesland importiert Lebens- und Futtermittel und belegt auf diese Weise über seine eigene landwirtschaftliche Fläche hinaus Flächen außerhalb seiner Grenzen.

Eine Ausweitung der energetischen Nutzung von Anbaubiomasse zieht direkte und indirekte Landnutzungsänderungen nach sich. Gleichzeitig liegen in der Landwirtschaft hier aber unter den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen noch erhebliche Potenziale – wie das Szenario MAX zeigt. Restriktivere Anforderungen im Umwelt- und Naturschutz können diese zusätzliche Flächeninanspruchnahme begrenzen, wobei gleichzeitig ein moderater Ausbau der energetischen Biomassennutzung nicht behindert wird (Szenario NATUR).

Das Thema Nutzungskonkurrenzen ist in der Landwirtschaft in der Studie darum intensiver diskutiert worden, als in der Forst- und Abfallwirtschaft. Eine umfassende und fundierte Untersuchung aller Facetten konnte allerdings im Rahmen dieser Studie nicht geleistet werden. Um den schon ausgearbeiteten Gedanken zu konkurrierenden Nutzungen dennoch Rechnung zu tragen, werden im Anhang I beispielhaft einige bereits heute bestehende Nutzungskonkurrenzen in der Landwirtschaft aufgezeigt. Anschließend folgt eine Analyse der Folgen einer vermehrten Nutzung von Anbaubiomasse. Dies soll als Entscheidungshilfe dienen, wo Schwerpunkte in der Ausnutzung der ausgewiesenen Potenziale dieser Studie gesetzt werden können. Dabei sollte eine Diskussion um die Nutzung von Anbaubiomasse zur Energiegewinnung das gesamte System Landwirtschaft mit all seinen Facetten beleuchten.

Die Landesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, die energetische Bioenergienutzung in NRW unter nachhaltigen Kriterien weiter auszubauen. Dabei steht nicht das Erreichen eines quantitativen Ziels, sondern der qualitative Ausbau im Vordergrund. Die neue NRW-Biomassestrategie, die auf Basis dieser Studie erarbeitet werden soll, sollte Maßnahmen aufzeigen, wie das ausgewiesene Flächenpotenzial unter nachhaltigen Kriterien erschlossen werden kann.

4 Forstwirtschaft

4.1 Situationsanalyse Forstwirtschaft

Bei der Nutzung von forstwirtschaftlichen Energieholzsortimenten kann generell zwischen der Verwendung in privaten Haushalten, dem Einsatz in kleinen und mittleren Biomassefeuerungsanlagen im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD), Kommunen und der Industrie (15 kW bis 1 MW) und der Energieerzeugung in Biomasse-Großfeuerungsanlagen (HKW, HW > 1 MW) unterschieden werden. Energieholzsortimente (insb. Holzpellets) sind gut transportfähig, so dass große Mengen an Brennstoffen importiert und exportiert werden können.

Nordrhein-Westfalen verfügt über vorratsreiche, nachhaltig bewirtschaftete und leistungsfähige Wälder. 27 % der Landesfläche sind mit Wäldern bedeckt¹³, die jeweils etwa zur Hälfte aus Laub- (52 %) und Nadelbäumen (48 %) bestehen. Besonders waldreich sind die Mittelgebirgsregionen. Insgesamt beträgt der Holzvorrat in Nordrhein-Westfalen ca. 270 Mio. m³ VFM m.R. (MKULNV 2012). Das jährliche Nutzungspotenzial beträgt langfristig rd. 6,7 Mio. m³ EFM o.R. (zweite Bundeswaldinventur, BWI), wovon aktuell rd. 5 Mio. m³ EFM o.R. genutzt werden (MKULNV 2012). Mit einer Fläche von rund 600.000 ha und einem Anteil von rd. 65 % ist NRW das Bundesland mit dem höchsten Privatwaldanteil, wobei der größtmäßige Schwerpunkt bei den Klein- und Kleinstbetrieben liegt. Die Anteile von Körperschaftswald liegen bei 19 %, von Staatswald des Landes NRW bei 13 % und von Bundeswald bei 3 %. Die Mobilisierung des Nutzungspotenzials der kleinparzellierten Privatwaldflächen erfordert eine intensive Kooperation entlang der Wertschöpfungskette Holz.

In der Forstwirtschaft und den holzwirtschaftlichen Branchen von NRW (Cluster Wald und Holz) arbeiten 180.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte. Der Umsatz beträgt etwa 38 Mrd. € pro Jahr. Hochwertige und innovative Holzprodukte kennzeichnen die überwiegend mittelständisch geprägte Holzbranche.

Die energetische Holznutzung bietet der Forstwirtschaft neue Möglichkeiten für die Vermarktung von geringwertigen und für eine anderweitige Nutzung nur schwer absetzbarer Holzsortimente. Sie leistet so einen nicht unerheblichen Beitrag zur Holzmobilisierung. Gleiches gilt für den Absatz von Nebenprodukten und Resthölzern in den holzwirtschaftlichen Unternehmen. Bei der Nutzung der Holzenergie sind die Prinzipien der Nachhaltigkeit und der Ressourceneffizienz zu beachten. Soweit regional umsetzbar, sollte aus Gründen der Wertschöpfung und der höheren Klimaschutzleistung die energetische Nutzung des Rohstoffes Holz erst am Ende einer stofflichen Verwertungskette stehen (Kaskadennutzung).

Tabelle 62 zeigt den Holzeinschlag in NRW laut der zentralen Holzmarktstatistik des BMELV im Jahr 2010. In diesem Jahr stellten Nadelbaumarten mit 79 % den Großteil des jährlichen Holzeinschlages, welcher zu rund 96 % stofflich genutzt wird. Der Anteil des Laubholzeinschlages betrug 21 %, wovon 34 % energetisch verwertet wurden. Die Zahlen des BMELV sind für die Darstellung der Verhältnisse Laub- und Nadelholz und deren Nutzung interessant. Die Holzmarktstatistik unterschätzt jedoch aufgrund der nur unzureichenden Erfassung von Holz Mengen aus dem Privatwald den realen Holzein-

¹³ abzüglich Nichtholzboden, Blößen etc. sind es 26 %

schlag. Für 2010 ist deshalb von einem realen Einschlag in Nordrhein-Westfalen von etwa 5 Mio. EFM auszugehen (MKULNV 2012).

Tabelle 62: Holzeinschlag in NRW 2010 in EFM o.R. (ohne Rinde) gemäß zentraler Holzmarktstatistik (BMELV 2011a)

Holzeinschlag	Laubholz o.R. [EFM]	Nadelholz o.R. [EFM]	Gesamt o.R. [EFM]
Stammholz	264.689	1.995.546	2.260.235
Industrieholz	238.141	715.459	953.600
Energieholz	256.861	98.759	355.620
Nicht verwertetes Holz	7.810	47.955	55.765
Gesamt	767.501	2.857.719	3.625.220

4.1.1 Energieholznutzung in privaten Haushalten

Datengrundlage für die aktuelle Nutzung von Energieholz in Privathaushalten ist die Studie „Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2010“ (Mantau 2012). Die darin angegebenen Daten (verwendete Holzsortimente und Verwendung nach Zielgruppen) wurden über Haushaltsbefragungen generiert und gliedern sich auf fünf Regionen in Deutschland. Das Gebiet West ist deckungsgleich mit Nordrhein-Westfalen. Durch die Kombination von anteiligem Verbrauch einzelner Sortimente nach den erfassten Regionen und dem Gesamt-Energieholzverbrauch ergibt sich die in **Tabelle 63** dargestellte Verteilung. Die hier und im Folgenden von Mantau (2012) ermittelten Daten wurden mit einer Studie von Schulte (2006) abgeglichen. Die darin auf Basis einer Schornsteinfegerbefragung abgeleiteten Holzverbräuche der privaten Haushalte weisen eine gute Übereinstimmung auf, sowohl in Umfang als auch in der Verteilung auf die Planungsregionen und Landkreise.

Bei der Nutzung von Scheitholz aus dem Wald spielt die regionale Tradition zur Brennholznutzung eine entscheidende Rolle. Diese ist in waldreichen Regionen somit besonders stark ausgeprägt. Der Anteil der Waldfläche an der Gemeindefläche wurde als das beste Kriterium zur Darstellung der Nutzung von Scheitholz/Wald identifiziert und wird im Weiteren für die Regionalisierung der Daten angewendet. Andere Faktoren wie die Hausgröße, Anzahl Haushalte je Gebäude oder die Eigentumsverhältnisse haben dagegen eine geringere Relevanz. Die Nutzung von Landschaftspflegeholz wird über den Anteil der Gemeindefläche an NRW regionalisiert. Für alle anderen Energieholzsortimente wird der Anteil an Einfamilienhäusern herangezogen, da 85 % des Energieholzverbrauchs auf Eigentümer von Eigenheimen entfällt (Mantau 2012).

Tabelle 63: Verbrauch verschiedener Energieholzsortimente in privaten Haushalten 2010 (Mantau 2012), verändert

Substrat	NRW		Deutschland	
	[Mio. EFM]	[%]	[Mio. EFM]	[%]
Scheitholz/Wald	1,689	58,0	21,935	64,7
Scheitholz/Garten	0,196	6,7	1,937	5,7
Landschaftspflegeholz	0,079	2,7	0,698	2,1
Rinde	0,147	5,1	1,842	5,4
Schnittholzreste Sägewerk	0,199	6,8	0,841	2,5
Schnittholzreste Altholz	0,175	6,0	2,016	5,9
Holzbriketts	0,103	3,5	1,426	4,2
Pellets	0,205	7,0	1,627	4,8
Sonstiges	0,118	4,1	1,597	4,7
Gesamtverbrauch	2,9	100	33,9	100

In **Tabelle 64** ist das Ergebnis der Regionalisierung exemplarisch für Wald-Scheitholz und aggregiert auf Ebene der Planungsregionen dargestellt. Hier zeigt sich der Unterschied zu einer Verteilung des Verbrauchs pro Einwohner: So hat die Planungsregion Arnsberg zwar die wenigsten Einwohner, doch durch den hohen Waldflächenanteil wird hier mehr Scheitholz verbraucht als in allen anderen Planungsregionen.

Tabelle 64: Einsatz von Wald-Scheitholz in privaten Haushalten in NRW pro Jahr

Planungs-region	Einwohner [Anzahl]	Einwohner [%]	Waldfläche [ha]	Waldflächenan- teil [%]	Scheitholz/Wald [EFM]
Münster	1.590.722	9	85.722	10	165.808
Detmold	2.038.323	11	145.633	17	281.691
Arnsberg	1.424.375	8	303.673	35	587.381
RVR	5.150.307	29	80.716	9	156.125
Düsseldorf	3.248.680	18	54.671	6	105.748
Köln	4.392.747	25	202.787	23	392.242
NRW	17.845.154	100	873.202	100	1.688.995

Für die Berechnung des Heizwertes der Holzsortimente für Einzelfeuerstätten wird ein Holzmix von 57 % Laubholz und 43 % Nadelholz herangezogen (Mantau 2012), der einen Heizwert von 2.396 kWh/EFM aufweist. Für die Umrechnung von Festmetern in Kilowattstunden sind Daten gemäß des LWF Merkblatts 12 (LWF 2007) genutzt worden. Der Heizwert von Pellets und Holzbriketts wird mit 4.400 kWh/EFM angesetzt. Der Wirkungsgrad von unregelmäßig genutzten Einzelfeuerstätten (Kamine und Öfen) im Bestand wird aufgrund des relativ hohen Einsatzes von veralteter Feuerungstechnik mit durchschnittlich 60 % eingeschätzt. Der Wirkungsgrad moderner Einzelraumfeuerungen liegt bei mind. 75%, der von Pelletöfen bei mind. 85 %, der von Holz-Zentralheizungen liegt dagegen bei mindestens

85 %, meist jedoch über 90 % (FNR 2007). Der Anteil des Holzeinsatzes bei Einzelfeuerstätten in den privaten Haushalten beträgt 85 %, der von Holz-Zentralheizungen 15 % (Mantau 2012).

Tabelle 65: Holzverbrauch und Wärmenutzung in privaten Haushalten pro Jahr

Planungsregion	Holzverbrauch alle Sortimente [EFM/a]	Produzierte Wärmeenergie [MWh _{th} /a]
Münster	313.013	549.455
Detmold	452.061	770.799
Arnsberg	742.357	1.196.556
RVR	380.202	698.168
Düsseldorf	295.237	551.209
Köln	728.557	1.283.374
NRW	2.911.427	5.049.562

Tabelle 66: Wärmenutzung durch Einzelraumfeuerung und Zentralheizung in privaten Haushalten pro Jahr

Planungsregion	Einzelfeuerstätten [MWh _{th} /a]	Zentralheizung [MWh _{th} /a]
Münster	434.453	115.002
Detmold	609.469	161.330
Arnsberg	946.114	250.442
RVR	552.040	146.128
Düsseldorf	435.840	115.369
Köln	1.014.761	268.613
NRW	3.992.677	1.056.885

In **Abbildung 38** sind die regionalisierten Ergebnisse der Energieholzverwendung in privaten Haushalten auf Kreisebene dargestellt.

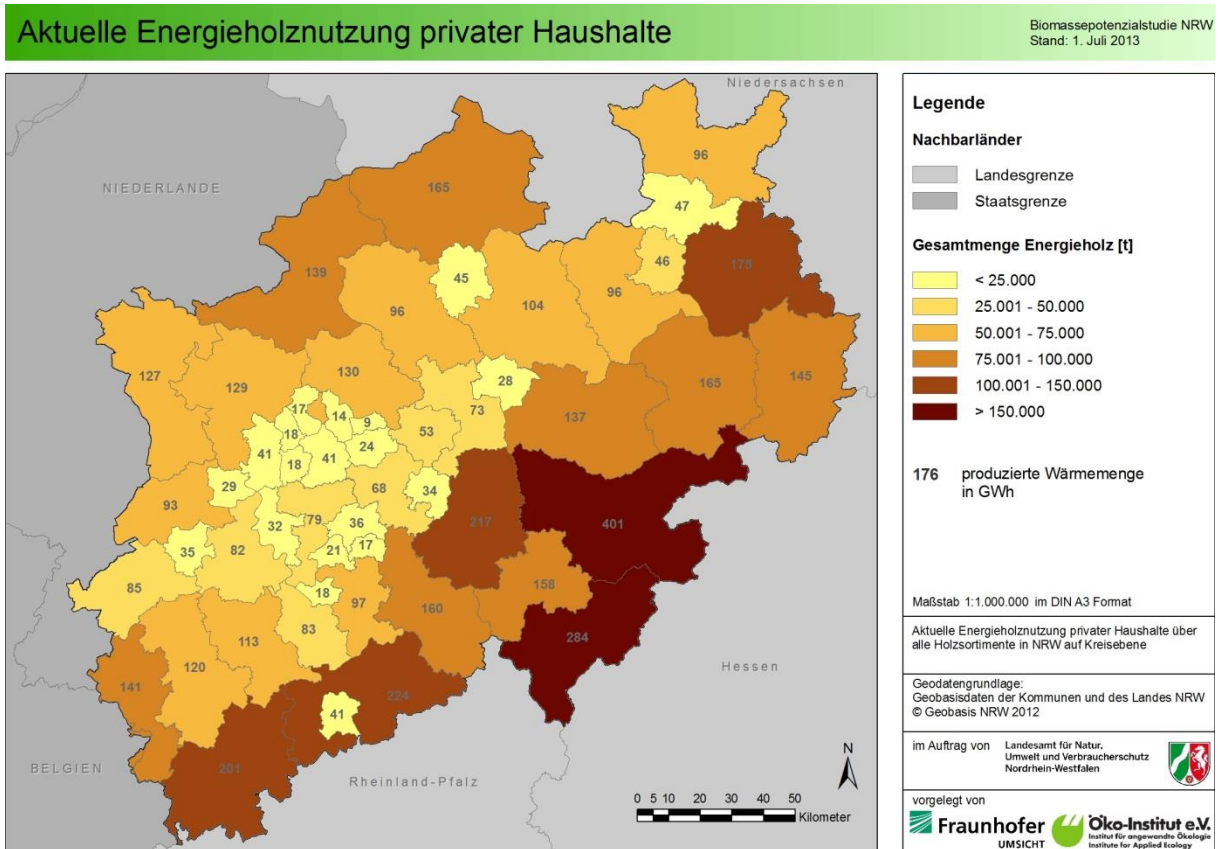


Abbildung 38: Private Holznutzung über alle Holzsortimente in NRW je Kreis pro Jahr

4.1.2 Kleine und mittlere Biomassefeuerungsanlagen

Die Kategorie „kleine und mittlere Biomassefeuerungsanlagen“ umfasst Biomasseheizanlagen von 15 kW bis 1 MW Leistung im Bereich von Gewerbe, Handel & Dienstleistungen (GHD), Kommunen und der Industrie. Diese entsprechen dem Geltungsbereich der 1. BImSchV, wobei keine Genehmigung für den Betrieb dieser Heizanlagen gem. §4 Bundes-Immissionsschutzgesetz erforderlich ist. Die Feuerungsanlagen werden für die Gebäudeheizung von Betriebsgebäuden und kommunalen Bauten sowie zur Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie eingesetzt. Der Einsatz von Energieholzsortimenten wurde für die kleinen und mittleren Heizanlagen im Rahmen eines Holzrohstoffmonitorings für das Jahr 2010 bundesweit erfasst (Mantau 2012). Jedoch weist die Studie keine regionalen bzw. für NRW zugänglichen Datenbanken aus. Auch in Bezug auf die Anzahl und installierte Feuerungsleistung der Anlagen liegen für NRW keine Datengrundlagen vor. Entsprechend des bundesweiten Holzrohstoffmonitorings (Mantau 2012) werden in den vorgenannten Anlagen überwiegend Waldrestholz (37 %) und Industrierestholz (24 %) sowie Sägenebenprodukte (7 %) und Holzpellets (11 %) eingesetzt (siehe auch Kapitel 4.1.4). Weitere Sortimente sind Waldholz (Derbholz) mit einem Anteil von 11 % sowie Landschaftspflegeholz mit 8 % (Rest: sonstige Sortimente).

Entsprechend der Datenbereitstellung für NRW durch das IWR wird die erzeugte Wärmemenge im Kapitel 4.1.3 mit den Großfeuerungsanlagen zusammen erfasst. Auf Grundlage der in Kapitel 4.1.3 durchgeführten Berechnungen wird die erzeugte Wärmemenge in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen auf Basis von Waldholz mit 1,6 TWh/a abgeschätzt.

4.1.3 Biomasse-Großfeuerungsanlagen (Heizwerke/Heizkraftwerke)

Ende 2011 waren in NRW 29 Biomasse(heiz)kraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 190 MW_{el} in Betrieb (DBFZ 2012a). Damit liegt NRW in Punkto Anlagenleistung deutschlandweit auf Platz zwei und in Punkto Anlagenbestand auf Platz drei. Die regionale Verteilung der Anlagen ist in **Abbildung 39** dargestellt. Von den 29 Anlagen setzen sieben Anlagen Altholz als Brennstoff ein. Zwölf Anlagen setzen ein Mischsortiment ein und zehn Anlagen feuern mit naturbelassenem Holz.

Ende 2011 produzierten industrielle Anlagen (Anlagen ≤ 1MW) sowie Heizwerke und Heizkraftwerke 1,5 TWh Strom und 1,6 TWh Wärme Nutzenergie bzw. 4,6 TWh Wärme als Endenergie aus fester Biomasse (vorläufige geschätzte Zahlen, IWR 2012b). Diese Zahlen beinhalten auch die Nutzung von Altholz und Industrierestholz, die im Detail in Kapitel 5.1.1 betrachtet werden. Abzüglich der dort genannten Zahlen von 1,1 TWh Strom und 2,6 TWh Wärme verbleiben für naturbelassene Hölzer ca. 0,4 TWh Strom und ca. 2,0 TWh Wärme Endenergie. In Bezug auf die Betreiberstruktur wird ein Großteil der BHKWs (44 % der Anlagen bzw. 42 % der installierten elektrischen Leistung) durch die Unternehmen der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie betrieben (DBFZ 2012b).

Biomasse(heiz)kraftwerke in Nordrhein-Westfalen

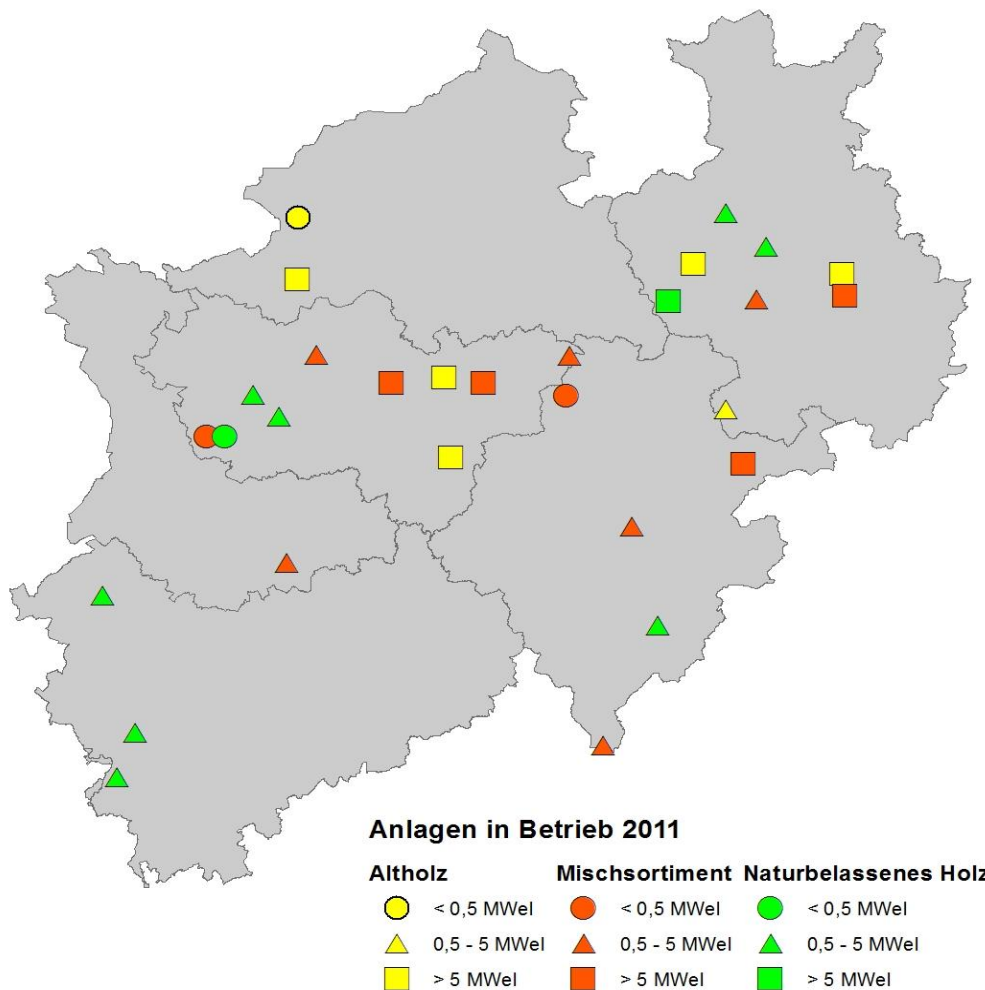


Abbildung 39: Anlagenbestand von Biomasse(heiz)-kraftwerken in NRW (DBFZ 2012a), verändert

Entsprechend der bundesweiten Struktur der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien (AGEE-Stat 2012) dürfte der Anteil der Wärmeerzeugung durch Biomassefeuerungsanlagen bis 1 MW (siehe Kapitel 4.1.2) bei rd. 80 % bzw. 1,6 TWh/a liegen. Entsprechend verbleiben für die Energieerzeugung durch Biomassefeuerungsanlagen größer 1 MW 0,4 TWh/a Strom und 0,4 TWh/a Wärme. Die so berechneten Zahlen geben einen Anhaltspunkt über den Einsatz naturbelassener Hölzer außerhalb der Energieholznutzung privater Haushalte. Eine Aussage darüber, welche Holzsortimente und welche Mengen in einem bestimmten Anlagentyp genutzt werden und welche davon aus NRW oder aus Importen stammen, ist mit den vorliegenden Daten nicht zu treffen. Auch der Anteil von importiertem Altholz ist nicht bekannt. Daher ist eine regionsbezogene Aussage zum Einsatz von Holzsortimenten nicht möglich.

4.1.4 Sägenebenprodukte, Industrierestholz und Holzpellets

Die Einschnittkapazität der Sägeindustrie in NRW beträgt ca. 3,8 Mio. EFM pro Jahr, wobei der Schwerpunkt des Einschnitts mit über 95 % im Nadelstammholz liegt. Bei der Verarbeitung von Rundholz zu Schnittholz und bei der weiteren Bearbeitung des Schnittholzes fallen Resthölzer bzw. Sägenebenprodukte wie z.B. Säge- und Hobelspäne, Schwarten, Spreißel und Hackschnitzel an. Der Grad der Schnittholzausbeute liegt i.d.R. bei rd. 60 %, der Anteil der Sägenebenprodukte bei rd. 40 %. Die anfallenden Sägenebenprodukte werden schwerpunktmäßig in der Holzwerkstoff-, Holz- und Zellstoffindustrie weiter zu Holzprodukten verarbeitet. Entsprechend dem Bundestrend ist davon auszugehen, dass auch in NRW rd. 35 % des Sägerestholzes energetisch genutzt werden, was einem Volumen von 0,53 Mio. EFM bzw. 250.000 t_{atro} mit einem Energieinhalt von 1,25 TWh Primärenergie entspricht. Dies beinhaltet die Erzeugung von Prozesswärme und Strom in Biomasse(heiz)kraftwerken der Sägeindustrie, die Lieferung von Sägerestholz an Energieunternehmen und die Herstellung von Holzpellets.

Industrierestholz umfasst das Restholz aus anderen Branchen der holzbearbeitenden und Holzverarbeitenden Industrie und des Handwerks (z.B. Holzwerkstoffindustrie, Möbelindustrie, Holzbaubranche, Tischler- und Zimmererhandwerk). Industrierestholz wird mittlerweile fast ausschließlich energetisch insbesondere im Bereich von Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD), Industrie und Biomassegroßfeuerungsanlagen eingesetzt. Oftmals dient es der Eigenversorgung in den Unternehmen der Holzbranche.

Holzpellets werden aus naturbelassenem und getrocknetem Restholz (Säge- und Hobelspäne) als genormter Brennstoff für kleine und mittlere Feuerungsanlagen angeboten. 2010 wurden rund 50 % der deutschlandweit hergestellten Holzpellets direkt von der Sägeindustrie mittels in den Prozess der Holzbearbeitung integrierter Pelletierwerke produziert (Mantau 2012). Die Qualitätsanforderungen für den genormten Brennstoff sind in der europäischen Norm EN 14961- 2 festgelegt. Die Werte der EU-Norm werden von der neuen Zertifizierung ENplus umgesetzt. Dieses neue Siegel für Holzpellets kontrolliert die gesamte Bereitstellungskette von der Herstellung bis zur Anlieferung beim Endkunden und bietet damit eine hohe Qualitätssicherheit und umfassende Transparenz (DEPV 2012). Die Produktionskapazität der Pelletierwerke in NRW und näherer Umgebung liegt bei 260.000 t/Jahr, was einem Energieinhalt von 1,3 TWh Primärenergie entspricht. Der überwiegende Teil der Produktion ist gemäß der EN 14961-2 zertifiziert.

Die energetische Nutzung von Sägenebenprodukten, Industrierestholz und Holzpellets erfolgt zum großen Teil in den Anlagen, die in den Kapiteln 4.1.1, 4.1.2 und 4.1.3 aufgeführt sind.

4.1.5 Zusammenfassung: Aktuelle Strom- und Wärmeproduktion aus forstwirtschaftlichen Energieholzsortimenten

In **Tabelle 67** ist die aktuelle Strom- und Wärmeproduktion aus naturbelassenen Hölzern abgebildet. Mit 71 % weisen die privaten Haushalte den größten Anteil an der produzierten Wärme auf. Zu beachten ist, dass von dieser produzierten Wärme ein Teil mit veralteter Feuerungstechnik produziert und somit nicht effektiv genutzt wird (siehe Kapitel 4.1.1). Auf kleine und mittlere Feuerungsanlagen im kommunalen, industriellen oder gewerblichen Einsatz entfallen 23 % der produzierten Wärmemengen. Der Einsatz in Großfeuerungsanlagen ist mit 6 % eher gering. Die hier ausgewiesene Wärmeenergie aus Großfeuerungsanlagen wird überwiegend aus naturbelassenen Hölzern erzeugt. Es handelt sich jedoch nur um einen Teil der gesamten Wärmeenergiebereitstellung der Großfeuerungsanlagen. Der größere Anteil entfällt auf Alt- und Industrierestholz und ist in Kapitel 5.1.1 (Abfallwirtschaft) ausgewiesen.

Eine regionale Differenzierung ist durch fehlende Datengrundlagen insbesondere für kleine und mittlere Feuerungsanlagen nicht möglich. Da keine anlagenspezifische Aufschlüsselung zu den eingesetzten Holzsortimenten existiert und auch die Bezugsquellen nicht genau quantifizierbar sind, kann keine Aussage getroffen werden, wie hoch der Einsatz naturbelassener Hölzer aus NRW-Wäldern im Anlagenbestand ist. Darüber hinaus können auch Mengen aus Alt-, Industrierest- oder Landschaftspflegeholz in den Zahlen zu produzierten Strom- und Wärmemengen enthalten sein.

Tabelle 67: Strom- und Wärmeproduktion durch bestehende Konversionsanlagen aus naturbelassenem Holz in NRW (inkl. Importe)

Anlagentyp	Strom [TWh/a]	Wärme [TWh/a]
Private Haushalte	0,00	5,05
kleine und mittlere Feuerungsanlagen (< 1MW)*	0,00	1,63
Großfeuerungsanlagen*	0,44	0,41
Summe	0,44	7,09

* Aussagen zum Einsatz bestimmter naturbelassener Holzsortimente können nicht getroffen werden

Die Werte in **Tabelle 67** errechnen sich auf Basis der bestehenden Konversionsanlagen in NRW und beziehen Holzimporte mit ein. Für die Ermittlung der machbaren Potenziale wurde darüber hinaus die Strom- und Wärmeproduktion nur von Holz aus NRW-Wäldern berechnet (**Tabelle 72** bis **Tabelle 75**). In die Gesamtbetrachtung (Kapitel 6) fließt ebenfalls lediglich der Beitrag aus NRW-Wäldern ein.

4.2 Methodik Potenzialberechnung Forstwirtschaft

Der bereits bewirtschaftete Waldanteil (Körperschaftswald, Staatswald, organisierter Privatwald) liefert aktuell 5 Mio. EFM. Die auf diesen Flächen gewonnene Holzmenge ist nur noch geringfügig steigerbar, ohne Nachhaltigkeitskriterien zu verletzen (persönliche Mitteilung Landesbetrieb Wald und Holz NRW, 2012). Potenziale zur Steigerung des Waldholzangebotes werden nur noch in der Mobilisierung des Holzaufkommens der kleinparzellierten Privatwaldflächen gesehen. In die Berechnungen zum Ausbaupotenzial gehen darum nur diese Flächen ein.

4.2.1 Datenquellen Forstwirtschaft

Die Berechnungen basieren auf unterschiedlichen Datenquellen, die im Folgenden aufgeführt sind:

Bundeswaldinventur (BWI): Die Bundeswaldinventur erfolgt auf einheitlicher Basis deutschlandweit alle zehn Jahre. Sie wurde bisher zweimal durchgeführt: 1986-1989 und 2001-2002. Momentan läuft eine weitere Inventur für die Jahre 2011-2012. Erfasst werden dabei Daten zur Waldfläche nach Baumarten, Waldstruktur, Naturnähe, den Vorräten, Baumschäden, dem Totholzanteil, den Waldrändern und der Walderschließung (BMELV 2012). Aufbauend auf Daten der zweiten Bundeswaldinventur stehen Daten der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) aus 2002 zur Verfügung. Diese liefern Informationen über das potenzielle Rohholzaufkommen der Jahre 2003 bis 2042 und die zugehörige potenzielle Waldentwicklung.

Landeswaldinventur (LWI): In Nordrhein-Westfalen wird mit der Methodik der Bundeswaldinventur eine Landeswaldinventur durchgeführt. Bisher gab es einen Durchlauf in 1999; der zweite Durchlauf wird aktuell vorgenommen.

Katasterinformationen (IT.NRW): Des Weiteren wurden für die Berechnungen Daten der amtlichen Statistik herangezogen. Die Katasterinformationen enthalten Daten zur Waldflächenverteilung auf Gemeinde- und Kreisebene.

Daten zu Besitzverhältnissen (Landesbetrieb Wald und Holz NRW): Diese vom Landesbetrieb Wald und Holz NRW in 2012 erstellte Datensammlung weist für jeden Forstbetriebsbezirk in NRW die Besitzverhältnisse aus. Mit diesen Daten ist eine Gliederung in organisierten und nicht-organisierten Klein-Privatwald (ohne eigenes Forstpersonal) möglich.

Daten zur Waldfläche in NRW: In der vorliegenden Studie wurden die amtlichen Katasterdaten (IT.NRW 2012d) zur Waldfläche in NRW für die Berechnungen der Potenziale genutzt. Mit diesen Daten ist eine jährliche Fortschreibung möglich. Demnach sind in NRW 873.202 ha bewaldet (Stand 31.12.2010). Differenzen zu anderen Datensätzen können sich aus unterschiedlichen Erhebungsjahren, verschiedenen Annahmen zu Blößen, Nicht-Holzböden und Lücken oder der Erhebungsmethodik ergeben.

4.2.2 Potenzialberechnung Forstwirtschaft

Die Potenzialberechnung für Waldholz wurde auf Basis der in Kapitel 4.2.1 beschriebenen Datenquellen vorgenommen. Im Rahmen eines Expertenworkshops zur Frage der Berechnungsmethodik für Waldholzpotenziale wurde festgelegt, diese Daten miteinander zu verschneiden und eine regionale Darstellung der Ergebnisse auf Kreisebene auszuweisen. Für eine Darstellung auf Gemeindeebene existieren derzeit keine hinreichend genauen Sachdaten.

Das Waldholzpotenzial beinhaltet gemäß der Holzaufkommensmodellierung der zweiten Bundeswaldinventur (BWI) das Rohholz- bzw. Derbholzvolumen ab einem Durchmesser von 7 cm m.R. (sog. Derbholzgrenze). Die Nutzung von Waldrestholz unterhalb der Derbholzgrenze wird zum jetzigen Zeitpunkt nicht berücksichtigt. Innerhalb der Forstwirtschaft wird momentan noch eine Diskussion geführt, wie Nutzungskonzepte einen möglichen Nährstoffaustrag durch die Nutzung solcher Biomassen bewerten können. Auch die Auswahl geeigneter Waldstandorte sowie angepasster Arbeitsverfahren werden in dem Zusammenhang diskutiert.

Kombination der Sach- und Geodaten: Der aus der BWI prognostizierte durchschnittliche Hiebsatz in den Jahren 2013-2042 (Rohholzaufkommensprognose des WEHAM-Szenarios¹⁴), wurde auf die Waldbestände der LWI übertragen. Dadurch konnte der Hiebsatz der einzelnen Baumarten für die Gliederung der alten Forstämter bestimmt werden. Die Angaben für den Hiebsatz wurden der LWI entnommen. Beim Hiebsatz handelt es sich um die Menge nachhaltig einschlagbaren Holzes. Der Hiebsatz soll langfristig nicht die Höhe des jährlichen Zuwachses überschreiten. Er quantifiziert die jährlichen Holzeinschlagsmengen als Summe aus der notwendigen Waldpflege und dem Einschlag erntereifer Bäume. Der Hiebsatz wurde anschließend über die ATKIS-Daten zur Verteilung der Waldbestände auf die administrative Gliederung in Kreise umgerechnet. Durch Multiplikation mit den ebenfalls auf der administrativen Gliederung basierenden Katasterinformationen der Waldflächen resultierte das regionalisierte technische Gesamtpotenzial. Dieses beläuft sich auf durchschnittlich 6,71 Mio. EFM pro Jahr bei Berücksichtigung der Jahre 2013-2042, entsprechend den Berechnungen des WEHAM-Szenarios.

Neben der Information über die Verteilung des Gesamtpotenzials, sollten Informationen zu den genutzten und ungenutzten Holzanteilen berechnet werden. Hierzu wurde die Information des aktuellen Holzeinschlags von 5 Mio. EFM mit den Besitzverteilungen verschnitten. Zunächst wurde der Holzeinschlag auf Flächen des Staats-, Körperschafts- und organisierten Privatwalds auf Forstamtsebene verteilt. Da die Erntefestmeter des aktuellen Holzeinschlags größer als die von den genannten Flächen über den Hiebsatz errechneten Mengen sind, wurden in geringem Umfang auch weitere Flächen im Klein-Privatwald hinzugezogen. Das Ausbaupotenzial besteht demnach ausschließlich im nicht-organisierten Klein-Privatwald, wenn der Hiebsatz als Kriterium für den maximalen Holzeinschlag gewählt wird. Entsprechend der Verteilung des nicht-organisierten Privatwaldes verteilt sich auch das ungenutzte Potenzial.

Das Ausbaupotenzial berücksichtigt zudem den gestiegenen Bedarf und die Verwendung von Nadelholz durch stoffliche Nutzer. Zudem ergeben sich regionale Unsicherheiten infolge des Orkans Kyrill und daraus resultierender Vorratsverluste bei Nadelholz. Es wird davon ausgegangen, dass lediglich im Laubholzsegment Potenziale bestehen, die noch energetisch genutzt werden können. Das berechnete Ausbaupotenzial wird daher von 1,71 Mio. EFM (technisches Ausbaupotenzial nach WEHAM-Berechnung) auf 0,87 Mio. EFM (nur Laubholz) pro Jahr herabgesetzt. Basierend auf der derzeit durchgeführten Landeswaldinventur wird 2015 ein neues WEHAM-Szenario berechnet, das neue Daten zum prognostizierten Holzaufkommen liefern wird und die Auswirkungen von Kyrill regional besser bewertbar machen wird.

Für die Szenarien NATUR und NATUR II wurden zudem verstärkte Naturschutzanforderungen berücksichtigt. Hierfür wurden die Schutzgebietskategorien hierarchisch gegliedert und jeder Kategorie wurden Ertrags- und/oder Flächenreduktionen zugeschrieben. Diese Informationen wurden mit den zuvor beschriebenen Datensätzen verschnitten, um das genutzte, ungenutzte und das Gesamtpotenzial zu berechnen.

Für die Berechnung der energetischen Potenziale, welche auf dem Potenzial an Erntefestmetern basieren, erfolgte eine direkte Umrechnung der Erntefestmeter in Megawattstunden. Hierfür wurden Daten aus LWF (2007) genutzt, die eine baumartenspezifische Umrechnung unter Berücksichtigung

¹⁴ WEHAM = Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung

des Wassergehalts des Holzes ermöglichen. Da es sich um Erntefestmeter handelt, wurde ein Wassergehalt von 50 % angesetzt, wodurch sich ein Umrechnungsfaktor von 2,3 MWh/EFM ergibt. Aus der Situationsanalyse sind die Wirkungsgrade der privaten und gewerblichen Konversionsanlagen bekannt, die für die Ausweisung der machbaren Potenziale herangezogen werden. Im technischen Potenzial erfolgen die Berechnungen für die Holznutzung in privaten Haushalten generell mit einem thermischen Wirkungsgrad von 85 % und nicht mit dem reduzierten Wirkungsgrad von 60 %, wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben. Es wird davon ausgegangen, dass sich der durchschnittliche Wirkungsgrad von Einzelfeuerstätten im privaten Bereich in Zukunft verbessern wird.

Abschließend wird je nach Szenario das Verhältnis von stofflicher und energetischer Nutzung berücksichtigt. Für das bereits genutzte Potenzial wird angenommen, dass das bestehende Verhältnis von stofflicher (65 %) zu energetischer Nutzung (35 %) bestehen bleibt (MKULNV 2012). Der Hauptteil der energetisch nutzbaren Holzmenge kann zudem dem Laubholz zugeschrieben werden. Der genutzte Umrechnungsfaktor von Erntefestmeter zu Megawattstunden spiegelt dies wider. In den Szenarien variiert das Verhältnis der stofflichen und energetischen Nutzung des Ausbaupotenzials sowie die Restriktionen durch Naturschutzanforderungen (**Tabelle 68** und **Tabelle 69**).

4.2.3 Potenzialbegriff Waldholz

Für den Stoffstrom Waldholz gelten die in **Abbildung 40** dargestellten Potenzialbegriffe. Auf die Ausweisung des theoretischen Potenzials wird verzichtet (s. auch Kapitel 2.3).



Abbildung 40: Potenzialbegriffe Waldholz

4.2.3.1 Technisches Potenzial Waldholz

Im technischen Potenzial gelten die aktuellen rechtlichen Regelungen begrenzend auf das Flächenpotenzial. Es wird angenommen, dass die aktuellen Gesetze (insbes. Landesforstgesetz und Bodenschutzgesetz) eingehalten werden. Der Großteil der Wälder in NRW ist FSC (Forest Stewardship

Council) oder PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) zertifiziert. Zielsetzung beider Systeme ist die Förderung einer nachhaltigen sowie umweltverantwortlichen bzw. ökologischen Bewirtschaftung der Wälder, wobei ökonomische und soziale Standards berücksichtigt werden. Dies beinhaltet auch die Zertifizierung der Weiterverarbeitung durch holzwirtschaftliche Betriebe innerhalb der Produktkette Chain of Custody – COC. Naturnahe Waldbewirtschaftung ist Standard im öffentlichen Wald und zunehmend auch im Privatwald (MKULNV 2012).

In Bezug auf das Substratpotenzial wird ein Ausbaupotenzial nur noch im Laubholzbereich gesehen. Diese Annahme berücksichtigt den durch Kyrill hervorgerufenen Mangel an Nadelholz (vgl. Kapitel 4.2.2).

4.2.3.2 Machbares Potenzial Waldholz

Ausgehend vom technischen Potenzial werden für den Forstsektor drei Szenarien für machbare Potenziale berechnet (**Tabelle 68**).

Tabelle 68: Szenarien in der Forstwirtschaft

Szenario	Aktuelle rechtliche Regelungen	Aktuelle Nutzung (stofflich/ energetisch)	Ambitionierter Naturschutz	Nutzung Ausbaupotenzial
„Maximale Substitution“ (MAX)	X	bleibt konstant		energetisch
„Ambitionierter Naturschutz“ (NATUR I)	X	bleibt konstant	X	energetisch
„Naturschutz mit primär stofflicher Nutzung“ (NATUR II)	X	bleibt konstant	X	energetisch/ stofflich (wie aktuelle Nutzung)

Szenario „Maximale Substitution“ - MAX

Im Szenario MAX gelten die Annahmen aus dem technischen Potenzial. Die Vorgaben aus Landesforstgesetz, Bodenschutzgesetz etc. werden für den Privatwald alle eingehalten. Für gesetzlich geschützte Biotope, Wildnisentwicklungsgebiete und Naturwaldzellen wird angenommen, dass von diesen Flächen keine Biomasse stammt, auch wenn vereinzelt eine extensive Nutzung erfolgen kann. Für Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete zum Schutz von Waldarten wird mit einem um 10 % reduzierten Ertrag gerechnet. Alle übrigen Flächen können ohne Einschränkung genutzt werden (**Tabelle 69**).

Alle zusätzlichen Ausbaupotenziale aus dem Privatwald werden komplett energetisch genutzt. Das Verhältnis von stofflicher zu energetischer Nutzung für die Bestandssituation bleibt erhalten.

Szenario „Ambitionierter Naturschutz“ – NATUR I

Das Szenario „Ambitionierter Naturschutz“ baut auf dem Szenario MAX auf, verschärft aber die Anforderungen an den Naturschutz- wie sie aktuell nicht gelten. Die ambitionierten Naturschutzanforderungen wirken sich vor allem in einer Reduktion der Erträge aus.

Aktuell befindet sich in NRW ein Alt- und Totholzkonzept für den Staatswald in der Abstimmung. Gerade diese Habitat-Strukturen spielen eine bedeutende Rolle beim Erhalt der biologischen Vielfalt im Wald. Wie in Kapitel 2.2.2.2 ausgeführt, werden auf der Staatswaldfläche diese Anforderungen im Grundzug bereits erfüllt. Dies ist im Privatwald bisher aber nicht zwingend der Fall. Als ambitionierte Naturschutzanforderung wird daher angenommen, dass auf der gesamten Waldfläche in NRW die anstehende Alt- und Totholzstrategie angewandt wird. Dies wird als eine Ertragsreduktion von 5 % abgebildet.

Für Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete und Biotopverbundflächen der Stufe 1 wird ein verringerter Ertrag von 20 % und für Vogelschutzgebiete zum Schutz von Waldarten von 30 % angenommen. Für Wälder mit großer biologischer Vielfalt wird mit einem Flächenanteil von 2 % an der Waldfläche gerechnet. Für die Hälfte dieser Flächen wird angenommen, dass sie komplett aus der Nutzung genommen werden. Auf den restlichen Flächen reduziert sich der Ertrag um 20 %.

Unter der Annahme, dass die RED auf feste Biomasse ausgeweitet wird und dabei ein Schutz für Wälder mit großer biologischer Vielfalt aufgenommen wird, sind diese wertvollen Wälder ebenfalls zu schützen. Hierzu liegt derzeit aber keine Datengrundlage für NRW vor. Als pragmatischer Ansatz, um diese Flächen zu berücksichtigen, werden weitere 2 % der Waldfläche in NRW (1 % ohne Nutzung, 1 % mit um 20 % reduziertem Ertrag) als Gebiete mit großer biologischer Vielfalt angenommen.

In **Tabelle 69** sind die bestehenden und die zusätzlichen Naturschutzanforderungen einander gegenübergestellt.

Tabelle 69: Abbildung von Naturschutzanforderungen auf Forstflächen in den Szenarien

Schutzgebietskategorien	Forst Szenario MAX	Forst Szenarien NATUR I und NATUR II
gesetzlich geschützte Biotope (§62), Wildnisentwicklungsgebiete, Naturwaldzellen	keine Ernte	keine Ernte
Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete	10 % weniger Ertrag	20 % weniger Ertrag
Biotopverbundflächen Stufe 1 (15%)	keine Einschränkung	20 % weniger Ertrag
Vogelschutzgebiete Wald	10 % weniger Ertrag	30 % weniger Ertrag
Wälder mit großer biologischer Vielfalt → Kartierung reicht nicht	keine Einschränkung	Keine Daten, Annahme zur Fläche: zusätzlich 2 %, davon - 1 % keine Ernte - 1 % weniger Ertrag von 20 %
Flächen mit uneingeschränkter Nutzung (Integration von Naturschutz), inkl. Vogelschutzgebiete (Acker + Grünland)	keine Einschränkung	5 % weniger Ertrag

Szenario „Naturschutz mit primär stofflicher Nutzung“ - NATUR II

Das Szenario NATUR II baut auf dem Szenario NATUR I auf. In diesem letzten Szenario wird zusätzlich angenommen, dass die Ausbaupotenziale im Privatwald zu den gleichen Anteilen stofflich und energetisch genutzt werden, wie die bereits in 2010 erschlossenen bzw. realisierten Potenziale. Die Landesregierung setzt bei der Nutzung von Holz auf ambitioniertere Naturschutzauflagen und Kaskadennutzung – d.h. Holz aus Umwelt- und Klimaschutzgründen erst stofflich, dann energetisch zu ver-

werten. Die Ergebnisse dieses Szenarios NATUR II gehen darum in der Zusammenfassung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

4.2.4 Sägenebenprodukte, Industrierestholz und Holzpellets

Wie in Kapitel 4.1 beschrieben, wird das vorhandene energetische Potenzial aus Sägenebenprodukten bereits vollständig durch Sägebetriebe zur Energieversorgung oder stofflich genutzt. Die Stoffströme der Sägewerke sind in den Daten der privaten Haushalte oder gewerblichen energetischen Nutzung enthalten. Ein zusätzliches Potenzial über Mengensteigerungen fällt daher nicht an.

Im Rahmen des weiteren Ausbaus der Eigenenergieversorgung holzwirtschaftlicher Unternehmen ist sowohl im Bereich von Sägenebenprodukten als auch von Industrierestholz mit einer Steigerung der energetischen Verwendung zu rechnen, wobei zusätzliche Effizienzpotenziale im Rahmen der Prozessoptimierung, wie z.B. der Holz Trocknung, genutzt werden können. Zudem bestehen insbesondere in den Handwerksbetrieben der Holzbranche Potenziale zur Effizienzsteigerung durch den Austausch veralteter Biomassekessel. Der weitere Ausbau der Pelletproduktion ist in starkem Maße von der weiteren Entwicklung des Pelletmarktes und der Absatzmöglichkeiten für Säge- und Hobelspäne in der Holzwerkstoffindustrie abhängig. Hinzu kommt die räumliche Nähe der Sägewerke zu den Standorten der Holzwerkstoffindustrie. Zunächst dürften aber die Auslastung und der Kapazitätsausbau der bestehenden Pelletproduktionen im Vordergrund stehen. Aufgrund der beschriebenen Einflussfaktoren wurden für diese Stoffströme keine Ausbaupotenziale berechnet.

4.2.5 Kurzumtriebsplantagen

Bei einer Kurzumtriebsplantage (KUP) werden schnellwachsende Baumarten angepflanzt, um innerhalb kurzer Umtriebszeiten möglichst viel Holz produzieren zu können. Die wichtigsten Rollen spielen dabei das schnelle Wachstum, die kurzen Umtriebszeiten sowie die Wiederausschlagsfähigkeit am Stock der Baumarten. Von Vorteil ist auch, wenn die Arten züchterisch bearbeitet wurden. KUP finden hauptsächlich auf landwirtschaftlichen Flächen Verwendung, da sie besonders wettbewerbsfähig und für den Anbau auf Grenzstandorten sowie auf kleineren Flächen mit anderweitigen Nutzungseinschränkungen geeignet sind (BBE 2012, LWF 2011, NABU 2008).

Bei der KUP handelt es sich um einen Energiepflanzenanbau extensiver Bewirtschaftung, der das Biomasseangebot vergrößern soll. Durch einen geringen Einsatz an Betriebsmitteln und den langjährigen Anbau sind KUP nicht nur von wirtschaftlichem Interesse, sondern sie tragen außerdem zu geringen CO₂-Vermeidungskosten mit hohen CO₂-Vermeidungsleistungen pro ha bei. Generell haben KUP einen positiven Effekt auf ihre Umgebung, so beispielsweise auf Boden, Wasser und Biodiversität. In der Regel dauert ein Umtrieb 2 - 4 Jahre und die Fläche kann mehrmals als KUP genutzt werden (BBE 2012, LWF 2011). KUP-Hackschnitzel eignen sich grundsätzlich für viele Verwertungswege (Hackschnitzel, Pellets, stoffliche Holznutzung). Zudem sollte auch die Möglichkeit zur Produktion von Industrieholz für die Holzindustrie bei längeren Umtriebszeiten berücksichtigt werden.

KUPs finden aufgrund ihrer Vorteile viele Befürworter und eignen sich insbesondere für die Umsetzung von dezentralen Holz-Energiekonzepten in Kommunen und landwirtschaftlichen Betrieben. Der bundesweite Flächenverbrauch der KUP beträgt aktuell ca. 5.000 ha. In NRW werden laut Statistik z.Zt. 223 ha als KUP genutzt. Es wird vermutet, dass der zögerliche Anbau von KUP hauptsächlich

mit fehlenden Praxiserfahrungen in den landwirtschaftlichen Betrieben zusammenhängt. Außerdem ist die Fläche bei KUP für mehrere Jahre mit einem Anbausubstrat belegt, was nicht der derzeitigen landwirtschaftlichen Praxis entspricht. Um die Rahmenbedingungen für den Anbau von KUPs zu verbessern, können die Bundesländer ab 2014 Landwirten eine Förderung für die Neuanlage von Kurzumtriebsplantagen (KUP) gewähren und dabei auf Bundesmittel aus der Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz (GAK) mit deutlich verbesserten Förderbedingungen zurückgreifen. Zudem ergeben sich durch die Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (Geltungsdauer 2015 - 2020) interessante Perspektiven für KUPs im Rahmen des sogenannten „Greening“. Dieses sieht vor, dass künftig für die Mehrheit der Betriebe die Auszahlung von 30 % der Flächenprämie an die Erfüllung bestimmter Bewirtschaftungskriterien gekoppelt ist, so z.B. die Umwandlung von mindestens 5 % der Fläche in ökologische Vorrangflächen. Der aktuelle Vorschlag des EU-Rates ermöglicht es den Mitgliedsstaaten, KUPs als Nutzung für eine ökologische Vorrangfläche anzuerkennen. Dadurch würden sich langfristig enorm gesteigerte Flächenpotenziale für den Anbau von KUP ergeben (BBE 2012).

Vor dem Hintergrund, dass die Steigerung der Nutzung von Holz aus Kurzumtriebsplantagen zum jetzigen Zeitpunkt schwer abzuschätzen ist, wird für KUPs – trotz ökologischer Vorteile und einer höheren Energieausbeute je Flächeneinheit gegenüber bestehenden energetischen Nutzungen – kein Potenzial ausgewiesen.

4.3 Ergebnisse Biomassepotenziale Forstwirtschaft

4.3.1 Technisches Potenzial Waldholz

Das Technische Potenzial liefert den maximalen Holzertrag, der in den Szenarien des machbaren Potenzials weiter differenziert wird. Das ausgewiesene technische Potenzial beruht auf den Erntefestmetern der Prognose zum Rohholzaufkommen der zweiten Bundeswaldinventur und bezieht sich ausschließlich auf Laubholz (s. Kapitel 4.2.3). Es steht also im technischen Potenzial nur Laubholz zur Verfügung. Das Ausbaupotenzial weist das Potenzial des nicht organisierten Privatwaldes aus. Es verteilt sich auf die Planungsregionen wie in **Tabelle 70** dargestellt. **Abbildung 41** zeigt das Holzaufkommen auf Kreisebene.

Tabelle 70: Technisches jährliches Potenzial Waldholz für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Technisches Potenzial [Mio. EFM/a]		
	Gesamt	Genutzt	Ungenutzt
Münster	0,49	0,35	0,14
Detmold	1,11	0,92	0,18
Arnsberg	2,18	1,99	0,20
RVR	0,47	0,40	0,07
Düsseldorf	0,34	0,25	0,08
Köln	1,29	1,09	0,19
NRW	5,87	5,00	0,87

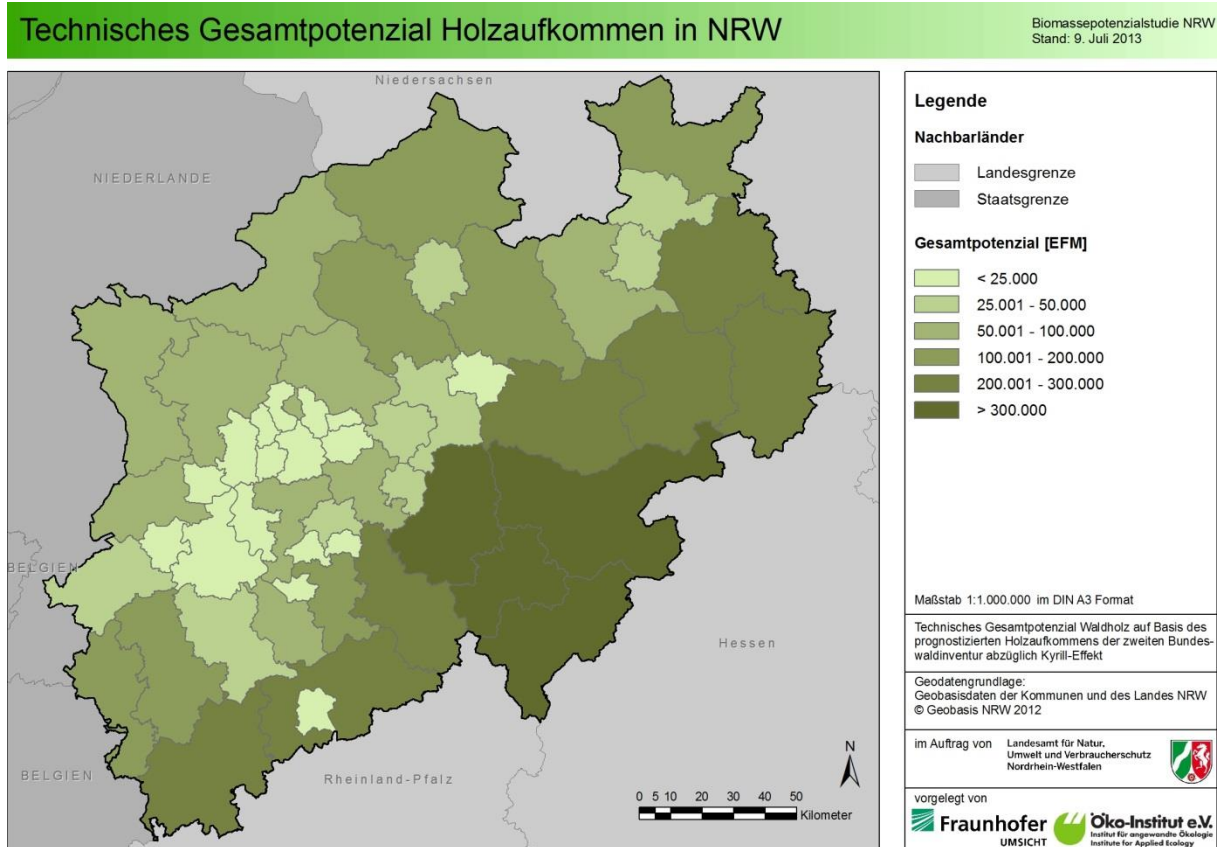


Abbildung 41: Gesamtpotenzial Holzaufkommen pro Jahr in NRW auf Kreisebene

Die Umrechnung des Holzaufkommens in Strom- und Wärmeproduktion resultiert aus den aufgeführten Gesamtpotenzialen des Holzaufkommens. Die Zahlen in **Tabelle 71** weisen das Potenzial aus, das ungeachtet der aktuellen Holznutzung bei einer kompletten energetischen Nutzung resultieren würde. Für die Ausweisung des technischen Potenzials wird demnach auch für die aktuell stofflich genutzten Mengen eine 100 %-ige energetische Nutzung unterstellt.

Tabelle 71: Technisches jährliches Gesamtpotenzial Waldholz für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Techn. Potenzial		Bereits genutztes Potenzial (Holz aus NRW)		Ausbaupotenzial	
	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	44.402	984.920	32.572	722.517	11.830	262.403
Detmold	93.044	2.063.885	77.626	1.721.890	15.418	341.995
Arnsberg	179.989	3.992.478	163.450	3.625.617	16.539	366.861
RVR	39.424	874.506	33.373	740.284	6.051	134.222
Düsseldorf	30.294	671.974	23.217	514.995	7.077	156.979
Köln	108.101	2.397.867	91.868	2.037.790	16.233	360.077
NRW	495.254	10.985.631	422.107	9.363.093	73.147	1.622.538

4.3.2 Machbares Potenzial Waldholz

Die Ergebnisse des machbaren Potenzials werden innerhalb von drei Szenarien dargestellt. Das Gesamtpotenzial setzt sich aus einem bereits genutzten Anteil von 5 Mio. EFM und einem Ausbaupotenzial zusammen. Das bereits genutzte Potenzial basiert auf der aktuellen Holznutzung von 5 Mio. EFM, von denen aktuell 35 % energetisch genutzt werden. Hiervon werden 80 % in privaten Haushalten zur Wärmeerzeugung verwendet. Das Verhältnis von stofflicher und energetischer Nutzung des aktuellen Holzeinschlags bleibt in allen machbaren Szenarien bestehen. Die Erntefestmeter des Ausbaupotenzials variieren von 0,87 Mio. EFM im Szenario MAX zu 0,37 Mio. EFM in den Szenarien NATUR und NATUR II.

Szenario „Maximale Substitution“ – MAX

Für das machbare Potenzial im Szenario MAX wird das bestehende Verhältnis von stofflicher zu energetischer Nutzung für das bereits genutzte Potenzial beibehalten. Das Ausbaupotenzial von 0,87 Mio. EFM wird allerdings komplett energetisch genutzt. Das Strom- und Wärmepotenzial verteilt sich auf die Planungsregionen wie in **Tabelle 72** dargestellt und ist in **Abbildung 42** und **Abbildung 43** für die Kreisebene kartografisch aufgearbeitet.

Tabelle 72: Machbares jährliches Potenzial Waldholz Szenario MAX für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Machbares Gesamtpotenzial		Bereits genutztes Potenzial (Holz aus NRW)		Ausbaupotenzial	
	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	23.230	476.004	11.400	233.604	11.830	242.400
Detmold	42.587	872.646	27.169	556.721	15.418	315.925
Arnsberg	73.746	1.511.129	57.207	1.172.233	16.539	338.895
RVR	17.732	363.339	11.681	239.348	6.051	123.990
Düsseldorf	15.203	311.520	8.126	166.508	7.077	145.013
Köln	48.387	991.486	32.154	658.858	16.233	332.629
NRW	220.885	4.526.125	147.737	3.027.272	73.147	1.498.853

Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Strom - Szenario Max

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 9. Juli 2013

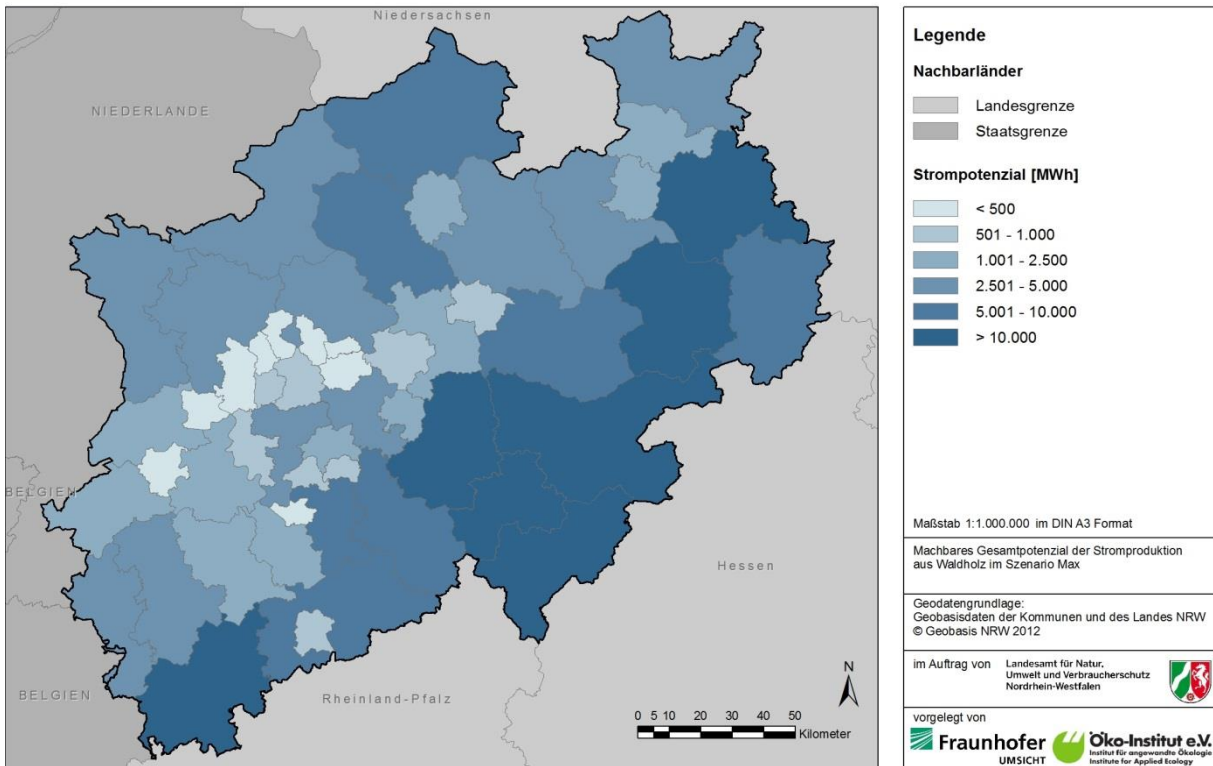


Abbildung 42: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Strom pro Jahr – Szenario MAX

Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme - Szenario MAX

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 9. Juli 2013

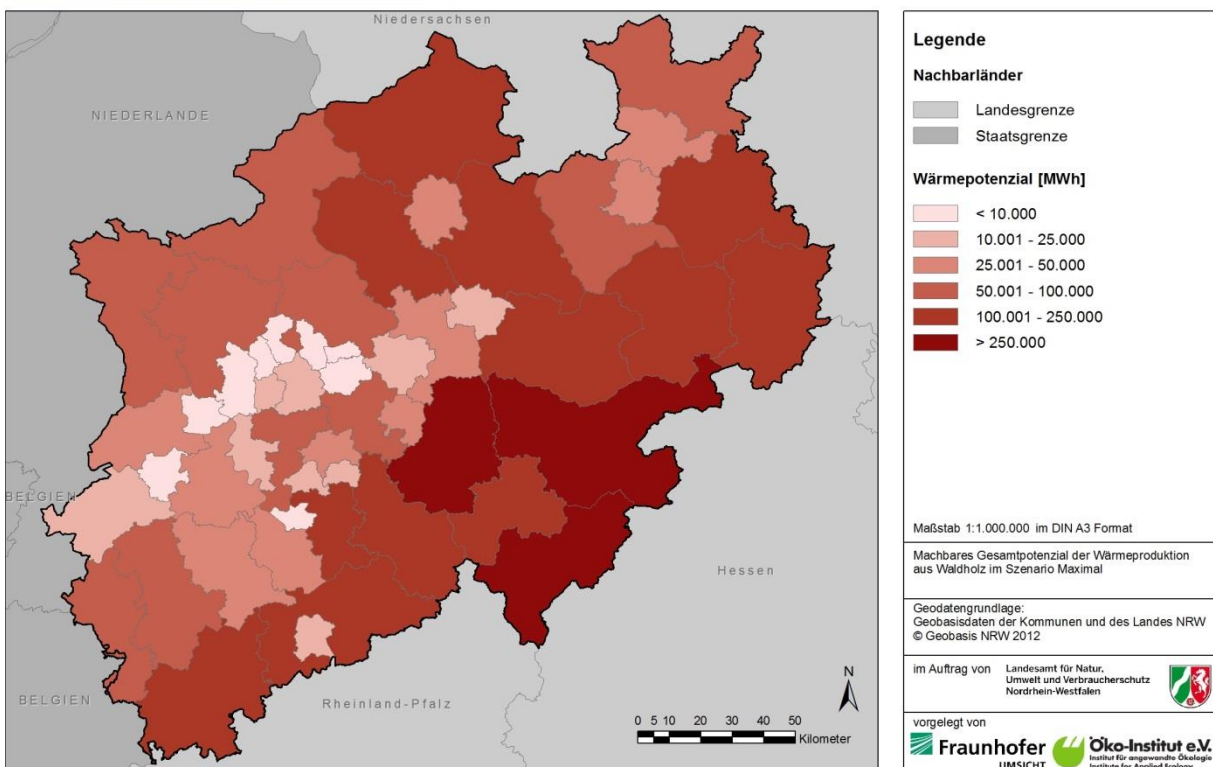


Abbildung 43: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme pro Jahr – Szenario MAX

Szenario „ambitionierter Naturschutz“ – NATUR I

Basierend auf Szenario MAX werden im Szenario NATUR I verstärkte Naturschutzregularien angesetzt, die sich insbesondere mindernd auf den erzielbaren Ernteertrag auswirken. Dieser reduziert sich auf 0,37 Mio. EFM. Das Strom- und Wärmepotenzial verteilt sich auf die Planungsregionen wie in **Tabelle 73** dargestellt und ist in **Abbildung 44** und **Abbildung 45** für die Kreisebene kartografisch aufgearbeitet.

Tabelle 73: Machbares jährliches Potenzial Waldholz Szenario NATUR I für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Machbares Gesamtpotenzial		Bereits genutztes Potenzial (Holz aus NRW)		Ausbaupotenzial	
	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	16.385	335.742	11.400	233.604	4.985	102.138
Detmold	33.666	689.839	27.169	556.721	6.496	133.118
Arnsberg	64.176	1.315.031	57.207	1.172.233	6.969	142.797
RVR	14.230	291.593	11.681	239.348	2.550	52.245
Düsseldorf	11.108	227.610	8.126	166.508	2.982	61.103
Köln	38.994	799.014	32.154	658.858	6.840	140.157
NRW	178.559	3.658.830	147.737	3.027.272	30.821	631.558

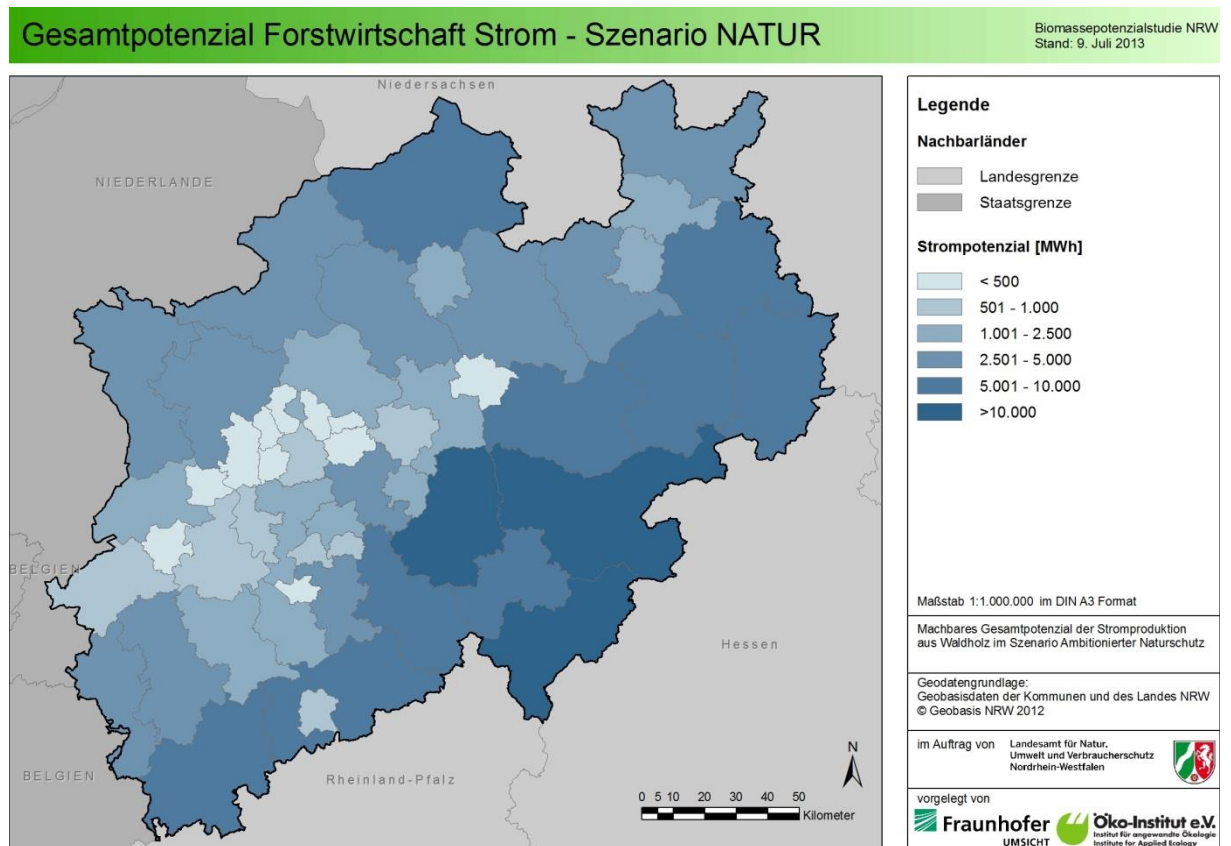


Abbildung 44: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Strom pro Jahr – Szenario NATUR I

Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme - Szenario NATUR

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 9. Juli 2013

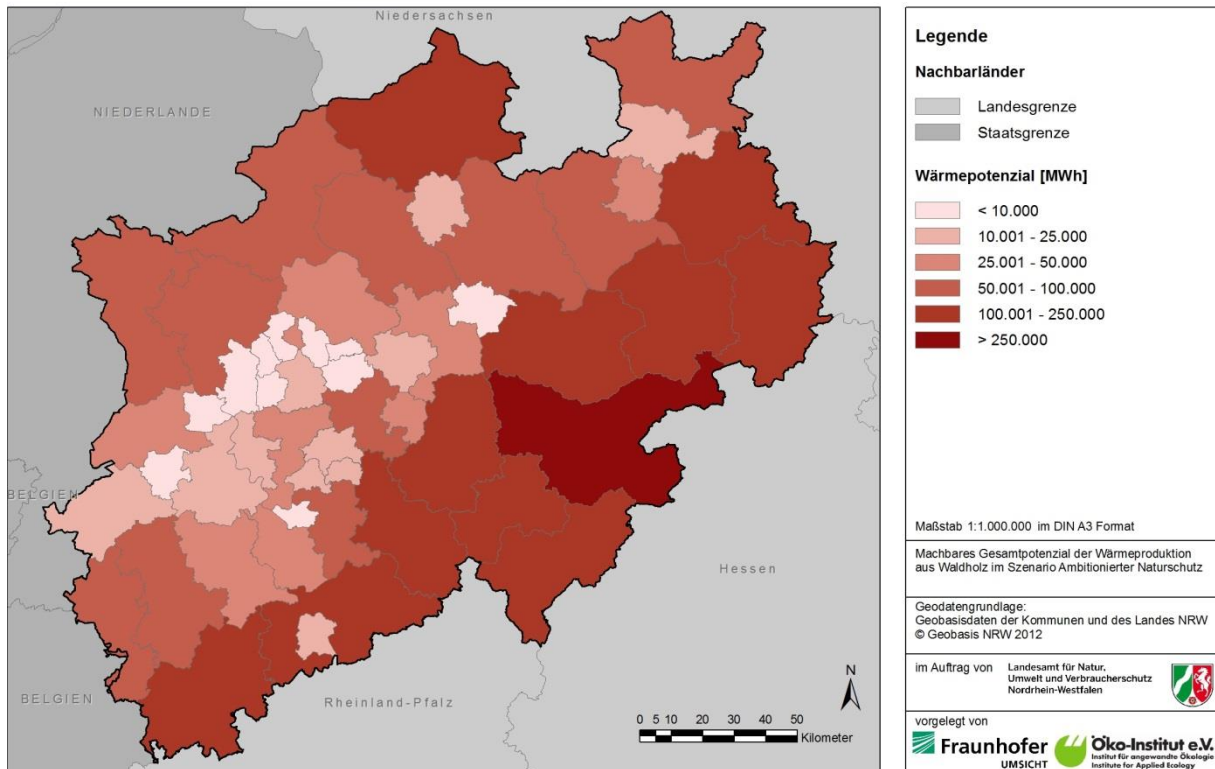


Abbildung 45: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme pro Jahr – Szenario NATUR I

Szenario „Naturschutz mit primär stofflicher Nutzung“ – NATUR II

Im machbaren Potenzial des Szenarios NATUR II wird das bestehende Verhältnis von stofflicher zu energetischer Nutzung auch auf das ungenutzte Ausbaupotenzial übertragen. Das Holzaufkommen entspricht dem Szenario „NATUR I“. Das Potenzial verteilt sich auf die Planungsregionen wie in **Tabelle 74** dargestellt und ist in **Abbildung 46** und **Abbildung 47** kartografisch auf Kreisebene aufgearbeitet.

Tabelle 74: Machbares jährliches Potenzial Waldholz Szenario NATUR II für die Strom- und Wärmeproduktion in NRW und den Planungsregionen

Planungsregion	Machbares Gesamtpotenzial		Bereits genutztes Potenzial (Holz aus NRW)		Ausbaupotenzial	
	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Münster	13.145	269.352	11.400	233.604	1.745	35.748
Detmold	29.443	603.312	27.169	556.721	2.274	46.591
Arnsberg	59.647	1.222.212	57.207	1.172.233	2.439	49.979
RVR	12.573	257.634	11.681	239.348	892	18.286
Düsseldorf	9.170	187.894	8.126	166.508	1.044	21.386
Köln	34.548	707.912	32.154	658.858	2.394	49.055
NRW	158.525	3.248.317	147.737	3.027.272	10.787	221.045

Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Strom - Szenario NATUR II

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 9. Juli 2013

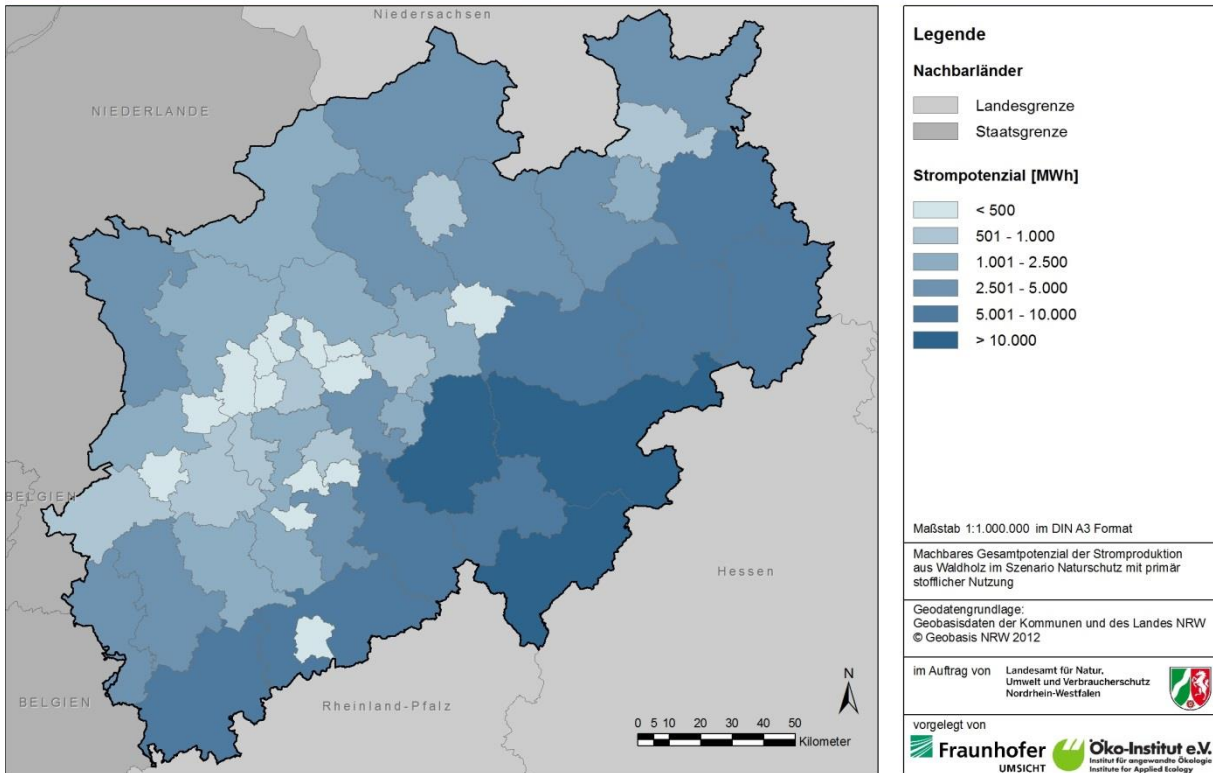


Abbildung 46: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Strom pro Jahr – Szenario NATUR II

Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme - Szenario NATUR II

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 9. Juli 2013

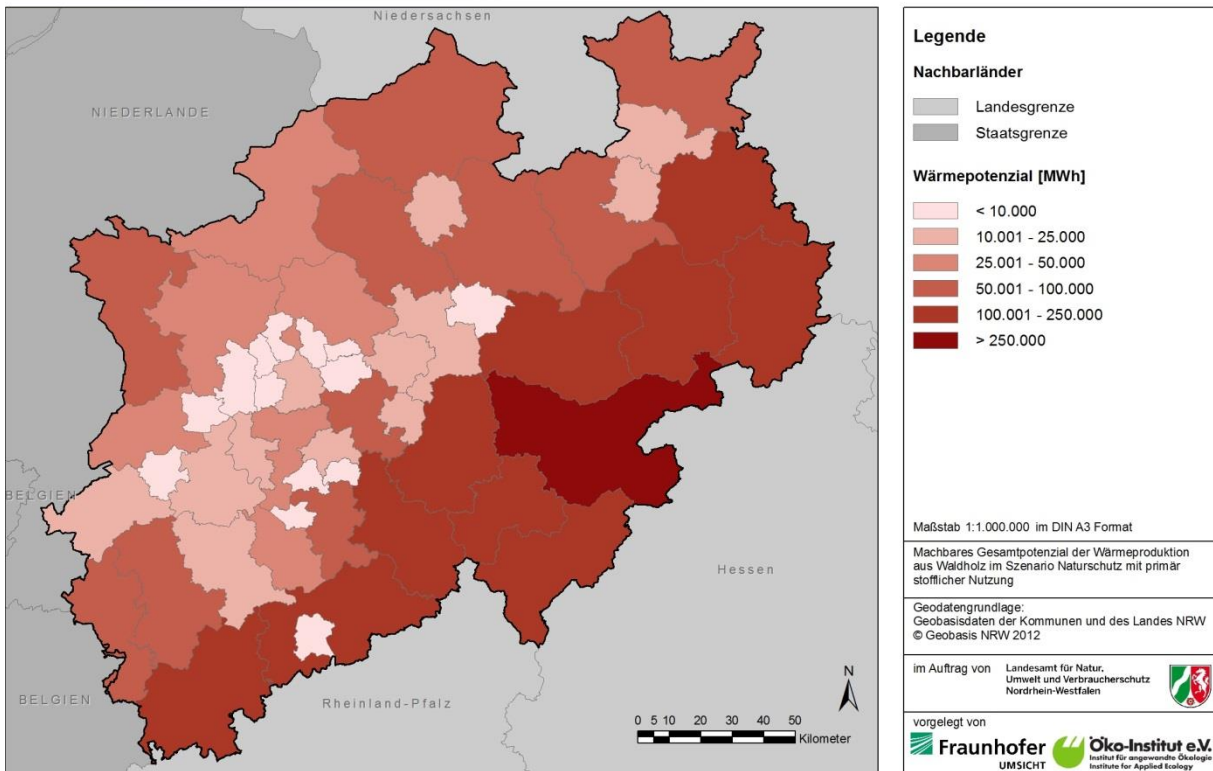


Abbildung 47: Gesamtpotenzial Forstwirtschaft Wärme pro Jahr – Szenario NATUR II

4.4 Zusammenfassung und Fazit Forstwirtschaft

In der Gesamtschau ergeben sich für NRW die in **Tabelle 75** aufgeführten energetischen Gesamtpotenziale.

Tabelle 75: Gesamtschau der forstwirtschaftlichen jährlichen Gesamtpotenziale aus NRW-eigener Biomasse zur Strom- und Wärmeproduktion in NRW

Potenzial/Szenario	Strom [TWh/a]	Wärme [TWh/a]
Technisches Potenzial	0,50	10,99
Machbares Gesamtpotenzial: Maximal (MAX)	0,22	4,53
Machbares Gesamtpotenzial: Ambitionierter Naturschutz (NATUR)	0,18	3,66
Machbares Gesamtpotenzial: Naturschutz mit primär stofflicher Nutzung (NATUR II)	0,16	3,25
Davon bereits genutzt	0,15	3,03

Von den dargestellten machbaren Gesamtpotenzialen aus NRW-eigener Biomasse werden im Strombereich bereits rund 0,2 TWh/a und im Wärmebereich 3,0 TWh/a genutzt. Diese Zahlen ergeben sich aus der Nutzung von 5 Mio. EFM pro Jahr.

Die energetischen Gesamtpotenziale (**Abbildung 48** und **Abbildung 49**) reduzieren sich am stärksten zwischen dem technischen Gesamtpotenzial und dem Szenario MAX. Der Grund liegt im Anteil der stofflichen Nutzung am Holzaufkommen im Szenario MAX. Mit Blick auf die Ziele der Landesregierung zum weiteren Ausbau der erneuerbare Energien lässt sich sagen, dass die Forstwirtschaft im Bereich Strom unter den in der vorliegenden Studie angenommenen Nachhaltigkeitsaspekten nur einen geringen Beitrag leisten kann.

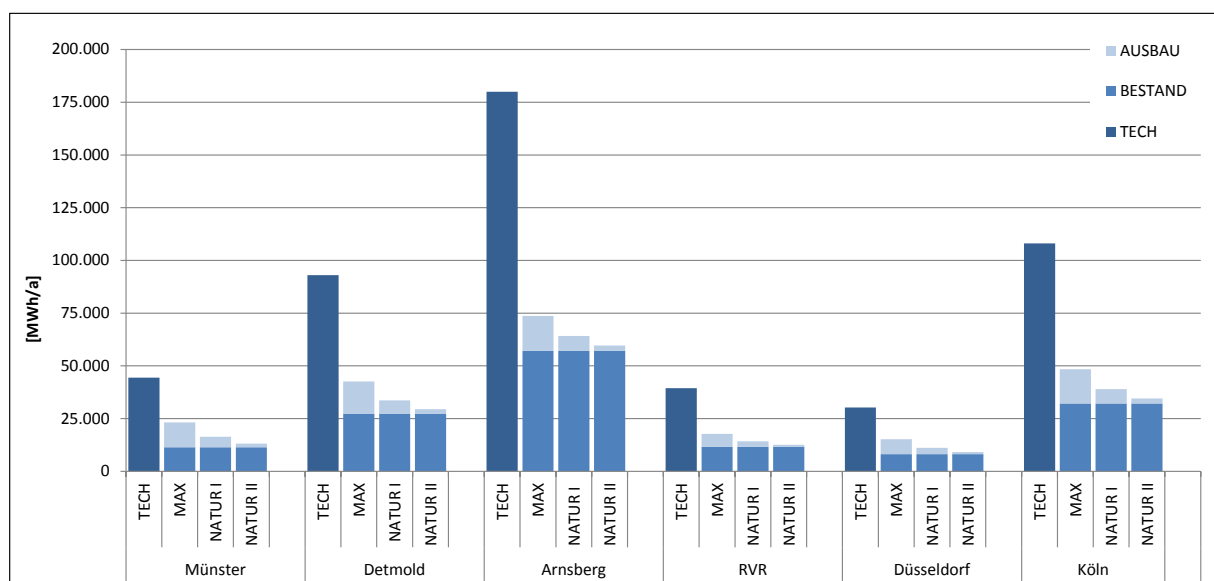


Abbildung 48: Gesamtpotenziale Forstwirtschaft Strom pro Jahr in den Planungsregionen

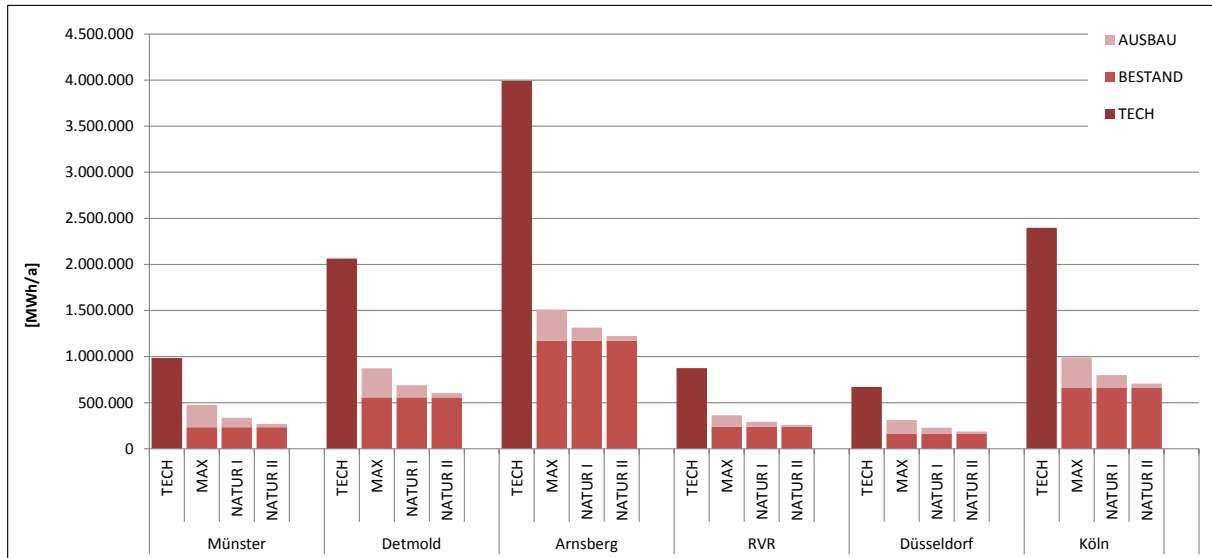


Abbildung 49: Gesamtpotenziale Forstwirtschaft Wärme pro Jahr in den Planungsregionen

Im Ergebnis zeigt sich für den Bereich Strom je nach Szenario ein machbares Gesamtpotenzial von 0,16 bis 0,22 TWh/a Strom (**Tabelle 76**). Grundsätzlich wurde bei allen Szenarien angenommen, dass eine Nutzungskonkurrenz mit der stofflichen Nutzung im bereits genutzten Waldbestand ausgeschlossen ist. Die Unterschiede in den Szenarien resultieren aus der Annahme von strikteren Naturschutzanforderungen in den Szenarien NATUR I und NATUR II im Vergleich zum Szenario MAX und damit geringeren Entnahmemengen pro Flächeneinheit auf den definierten schutzwürdigen Flächen. Weiter wird im Szenario NATUR II eine anteilige stoffliche Nutzung im Ausbaupotenzial angenommen. Eine solche Verteilung wird für die Nutzung des Ausbaupotenzials als wahrscheinlich angesehen. Da die Landesregierung bei der zukünftigen Nutzung von Waldholz aus Umwelt- und Klimaschutzgründen einen ambitionierteren Naturschutz und Kaskadennutzung als Ziele verfolgt, fließen die Ergebnisse des Szenarios NATUR II in der Zusammenfassung in Kapitel 6 ein.

Tabelle 76: Gesamtschau der forstwirtschaftlichen Potenziale aus NRW-eigener Biomasse zur Stromproduktion in NRW

Potenzial/Szenario	Genutztes Potenzial [MWh/a]	Ausbaupotenzial [MWh/a]	Gesamtpotenzial [MWh/a]
Technisches Potenzial	422.107	73.147	495.254
Machbares Potenzial: Maximal (MAX)	147.737	73.147	220.885
Machbares Potenzial: Ambitionierter Naturschutz (NATUR)	147.737	30.821	178.559
Machbares Potenzial: Naturschutz mit primär stofflicher Nutzung (NATUR II)	147.737	10.787	158.525

Insgesamt werden von den vorhandenen Strom-Potenzialen bereits heute große Anteile – zwischen 67 und 93 % – genutzt (**Abbildung 48**). Das größte Potenzial liegt in der Planungsregion Arnsberg, gefolgt von Köln und Detmold. Dies ist daraus zu erklären, dass hier besonders große Waldgebiete

vorherrschend, in denen insgesamt auch große Flächen an nicht-organisiertem Privatwald zu finden sind. Den Auswertungen zufolge sind die Potenziale vor allem im nicht-organisiertem Privatwald zu finden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Potenziale im Staats-, Körperschafts- und organisierten Privatwald weitgehend ausgeschöpft sind.

Das Ausbaupotenzial unterscheidet sich allerdings auch in den walddreichen Regionen im Szenario MAX deutlich von den beiden Szenarien NATUR I und NATUR II. Unter Berücksichtigung strikterer Naturschutzanforderungen sowie einer anteiligen stofflichen Nutzung des Ausbaupotenzials im Szenario NATUR II sind auch hier die Potenziale im Vergleich zu den bereits genutzten Mengen als gering zu bewerten. Zusätzlich ist darauf hinzuweisen, dass es im nicht-organisierten Privatwald deutlich größerer Anstrengungen bedarf, die Potenziale effizient zu heben, als es im Staatswald oder organisiertem Privatwald der Fall ist. Eine Realisierung des Potenzials im nicht-organisierten Privatwald ist nur mit einer Ausweitung von Managementmaßnahmen möglich, die eine wirtschaftliche Erschließung ermöglichen.

Für die Wärmeengewinnung gelten die gleichen Voraussetzungen und Szenarien wie für den Bereich Strom. Unter den im Rahmen dieser Studie getroffenen Nachhaltigkeitsannahmen ergibt sich für die produzierbaren Wärmemengen je nach Szenario ein machbares Gesamtpotenzial zwischen 3,2 und 4,5 TWh/a. Im Vergleich dazu entsprechen die in NRW genutzten Wärmemengen aus heimischen Wäldern von jährlich 3,03 TWh einem Anteil von 67 - 93 %.

Die relative Verteilung der potenziellen Wärmemengen ist ähnlich die der Strompotenziale. Während in den Planungsregionen Arnsberg, Köln und Detmold aufgrund der großen Waldbestände größere Potenziale vorhanden sind, sind diese insbesondere in den Planungsregionen RVR und Düsseldorf sehr gering. Die Nutzung der Ausbaupotenziale bedarf ebenso wie im Strombereich der Aktivierung der nicht-organisierten Privatwaldbestände.

Tabelle 77: Gesamtschau der forstwirtschaftlichen Potenziale aus NRW-eigener Biomasse zur Wärmeproduktion in NRW

Potenzial/Szenario	Genutztes Potenzial [MWh/a]	Ausbaupotenzial [MWh/a]	Gesamtpotenzial [MWh/a]
Technisches Potenzial	9.363.093	1.622.538	10.985.631
Machbares Potenzial: Maximale Substitution (MAX)	3.027.272	1.498.853	4.526.125
Machbares Potenzial: Ambitionierter Naturschutz (NATUR)	3.027.272	631.558	3.658.830
Machbares Potenzial: Naturschutz mit primär stofflicher Nutzung (NATUR II)	3.027.272	221.045	3.248.317

Abschließend ist noch zu sagen, dass bei den Zahlen der produzierten Wärmeenergie (IST-Analyse, vgl. **Tabelle 65** in Kapitel 4.1.1) insbesondere bei den Einzelfeuerstätten der Unterschied zur tatsächlich genutzten Wärmeenergie zu beachten ist. Ein Großteil dieser Feuerstätten wird in Privathaushalten unterstützend zur Wärmeversorgung genutzt. Ursprünglich als gelegentlicher „Hot Spot“ konzipiert, nutzen die Verbraucher aufgrund der rasant gestiegenen Preise für Gas und Öl vermehrt Einzelfeuerstätten für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden. Dabei erfolgt der Einsatz zu einem nicht unerheblichen Anteil in veralteten Öfen, so dass ein hoher Anteil der erzeugten Wärme nicht effektiv genutzt werden kann. Der Wirkungsgrad von unregelmäßig genutzten Einzelfeuerstätten (Kamine und

Öfen) im Bestand mit durchschnittlich 60 % eingeschätzt. Der Wirkungsgrad moderner Einzelraumfeuerungen liegt bei mind. 75%, der von Pelletöfen bei mind. 85 %, der von Holz-Zentralheizungen liegt ebenfalls bei mind. 85 %, meist jedoch über 90 % (FNR 2007). Bei einer Berechnung der erzeugten Wärmeenergie (**Tabelle 65**) mit einem um 25 % erhöhten Wirkungsgrad der Einzelfeuerstätten könnte knapp 1 TWh/a Wärme mehr erzeugt werden bei gleichbleibendem Holzeinsatz. Diese Wärmemenge entspricht demnach dem Effizienzpotenzial durch Modernisierungsmaßnahmen und ist damit erheblich größer, als das Ausbaupotenzial zusätzlicher Biomasse in den Privatwäldern. Es erfordert aber die Mobilisierung von privaten Investitionen. Mit Inkrafttreten der novellierten 1. BImSchV im März 2010 wurden die Voraussetzungen für einen solchen effizienteren Einsatz von Holzbrennstoffen geschaffen.

Beim zukünftigen Ausbau der energetischen Biomassenutzung möchte die Landesregierung den Fokus auf qualitative und nachhaltige Aspekte setzen. Höhere Naturschutzanforderungen für die Forstwirtschaft werden unterstützt. Aus Gründen der Wertschöpfung und der höheren Klimaschutzleistung sollte darüber hinaus die energetische Nutzung des Rohstoffes Holz erst am Ende einer stofflichen Verwertungskette stehen. Diesen Anforderungen kommt das Szenario NATUR II am nächsten. Die Ausbaupotenziale durch Mobilisierung zusätzlicher Biomasse aus diesem Szenario zusammen mit einer Modernisierungsoffensive für private Einzelfeuerstätten würde für Wärme ein Ausbaupotenzial von 1,2 TWh/a bzw. ein Gesamtpotenzial von 4,2 TWh/a bedeuten. Diese Ergebnisse gehen in der Gesamtbetrachtung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

4.5 Nutzungskonkurrenzen in der Forstwirtschaft

Holzprodukte zeichnen sich generell dadurch aus, dass sie sehr gut transportiert werden können und international gehandelt werden. Wird Holz aus Wäldern in NRW, das bisher stofflich genutzt wurde, nun energetisch genutzt und besteht weiterhin der Bedarf der stofflichen Nutzung, so müsste dieser Bedarf durch Importe gedeckt werden. Dies ist für alle Holzsortimente möglich. Wie bei der Verdrängung landwirtschaftlicher Produkte (s. Kapitel 3.5) ist auch im Forstsektor entsprechend mit indirekten Effekten zu rechnen.

Auf die Bereitstellung der Holzsortimente an der Waldstraße, also auf die forstliche Produktion, wirkt sich die anschließende Nutzung (energetisch oder stofflich) nicht aus, außer es wird vermehrt Restholz und Nicht-Derbholz (Durchmesser kleiner 7 cm) für die energetische Nutzung bereitgestellt. Dies könnte negative Auswirkungen auf die Waldökologie haben. Ggf. kann auch eine stärkere Nachfrage nach Energieholz zu einer kürzeren Umtriebszeit der Wälder führen.

Ob Holz letztlich energetisch oder stofflich genutzt wird, hängt vor allem von den erzielbaren Deckungsbeiträgen und der möglichen stofflichen Nutzung ab. Beispielsweise sind Nadelhölzer deutlich besser als Bauholz geeignet als Laubhölzer, weshalb bereits aktuell 70 % des Laubholzeinschlags in Deutschland energetisch genutzt werden (UNIQUE 2012).

In dieser Situation ist – unabhängig vom Forstamt – vor allem der Deckungsbeitrag für die unterschiedlichen Holzsegmente je Baumart eine entscheidende Größe dafür, ob Holz energetisch oder stofflich genutzt wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Entscheidungen bei der Holznutzung im Privatwald ggf. anders ausfallen als im Staats- und Körperschaftswald. Gründe können logistische Hemmnisse zur stofflichen Verwertung oder die Vorteile einer energetischen Eigennutzung sein.

5 Abfallwirtschaft

5.1 Situationsanalyse Abfallwirtschaft

Die energetische Nutzung biogener Abfälle erfolgt abhängig vom Energieträger in unterschiedlichen Anlagentypen. Feste Biomassen werden überwiegend verbrannt und die freigesetzte Energie über einen Dampfkreislauf entsprechend dem standortspezifischen Bedarf als Dampf, Wärme oder Strom ausgekoppelt. Gasförmige Brennstoffe wie Klärgas oder Deponiegas werden zum größten Teil in Blockheizkraftwerken (BHKW) eingesetzt. Feste Biomassen, die aufgrund ihrer Feuchtigkeit und der biologischen Verfügbarkeit für eine Vergärung geeignet sind (u.a. Grünschnitt und Bioabfälle), werden in Vergärungsanlagen eingesetzt. Anlagen zur Behandlung von Abfällen, in diesem Fall insbesondere Müllverbrennungsanlagen, sind nicht nur für die Behandlung von Biomasseabfällen aus dem Bereich der Siedlungsabfallwirtschaft ausgelegt, sondern setzen auch industrielle und gewerbliche sowie nicht-biogene Abfälle ein.

Tabelle 78 fasst die Strom- und Wärmemengen aus bestehenden Konversionsanlagen in NRW zusammen. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Stoffströme [Altholz (5.1.1), Klärgas (5.1.2.1) und Klärschlamm (5.1.2.2), Deponiegas (5.1.3), Bio- und Grünabfälle (5.1.4), Hausmüll/hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll (5.1.5), tierische Nebenprodukte und Speisereste (5.1.6) und holz- und halmgutartige Landschaftspflegematerialien (5.1.7)] näher erläutert.

Tabelle 78: Bestand Konversionsanlagen für abfallwirtschaftliche Substrate im Jahr 2010 sowie abgeleitete Strom- und Wärmemengen

Anlagentyp	Anzahl	Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Altholzverbrennungsanlagen ¹⁾	9	1.065.000	2.556.000 ¹⁾
Kläranlagen mit Gasnutzung ²⁾	270	390.065	612.960 ²⁾
Klärschlammverbrennungsanlagen	9	149.500	358.800 ²⁾
Deponiegasverwertungsanlagen (BHKW, BKW) ³⁾	46	253.564	250.497
Kompost- und Vergärungsanlagen ⁴⁾	63	46.000	17.000
Müllverbrennungsanlagen ⁵⁾	16	1.185.000	2.365.000
Summe		3.089.129	6.160.257

¹⁾ Wärme abgeschätzt (siehe Kapitel 5.1.1.3); ²⁾ in der Regel: Eigenversorgung der Standorte; ³⁾ ab dem Jahr 2030 kein nutzbares Potenzial mehr, hier im Jahr 2010 erzeugte Energiemenge; ⁴⁾ produzierte Strom- und extern genutzte Wärmemenge; ⁵⁾ Bezug: produzierte Strom- und exportierte Wärmemenge (inkl. Prozessdampf, Eigenverbrauch berücksichtigt) aus dem biogenen Anteil der verbrannten Abfälle (6,1 Mio. t inkl. RZR Herten II); Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll (4,3 Mio. t) haben davon einen Anteil von ca. 0,8 TWh Strom und ca. 1,7 TWh Wärme

Die Behandlungskapazitäten und Energiedaten der betrachteten Stoffströme wurden über unterschiedliche Wege erhoben. Zum einen wurden Daten vom MKULNV und LANUV bereitgestellt. Zum anderen wurden Daten bei Verbänden und über Literatur-/Internetrecherchen erhoben.

Diese Datenquellen stellen, aufgrund unterschiedlicher Zielstellungen, schwierig untereinander zu vergleichende Informationen insbesondere im Bezug zur Energienutzung zur Verfügung. In den einzelnen Kapiteln wird auf die Datengrundlage und die Energienutzung näher eingegangen.

5.1.1 Altholz

Altholz wird sowohl mechanisch als auch thermisch behandelt. Daher werden in diesem Kapitel neben den Mengenströmen zunächst die mechanischen Aufbereitungsanlagen aufgeführt und anschließend die Kapazitäten für die thermische Nutzung dargestellt.

5.1.1.1 Mengenströme und Verwertungswege Altholz

Nach der Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung - AltholzV) fallen unter den Begriff „Altholz“ Industrie- und Gebrauchthölzer, soweit diese Abfall im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind. Althölzer werden in vier Altholzkategorien unterteilt:

- Kategorie A I: naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde,
- Kategorie A II: verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel,
- Kategorie A III: Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel,
- Kategorie A IV: mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den anderen Altholzkategorien A I, A II oder A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz.

Althölzer, die polychlorierte Biphenyle enthalten, sind Abfälle im Sinne der PCB/PCT-Abfallverordnung und sind nach deren Vorschriften zu entsorgen (AltholzV).

Hölzer der Klasse IV werden nicht weiter betrachtet. Hier steht die schadstofffreie Entsorgung im Vordergrund – eine etwaige Energiegewinnung ist ein positiver Nebeneffekt.

Die Erfassung der Altholzzahlen erfolgte über zwei Wege. Vom LANUV wurden Daten der Siedlungsabfallbilanz zu erfassten Altholzmengen zur Verfügung gestellt. Diese Daten enthalten nur Mengen, die durch den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) erfasst und somit gemeldet werden. Die überwiegenden Althölzer sind allerdings Abfälle zur Verwertung und somit nicht den örE andienungspflichtig. Diese werden daher zu einem erheblichen Anteil über private Entsorgungsunternehmen verwertet. Hierzu liegen keine detaillierten Statistiken, wie z.B. bei der Siedlungsabfallbilanz vor. Da die gesamte Altholzmenge erheblich über der Menge liegt, die mit der Siedlungsabfallbilanz erfasst werden kann, wird in einem zweiten Schritt die Altholzmenge über Literaturwerte abgeschätzt.

Erfassung über Datenbanken des LANUV: In der Datenbank ABILA (Abfallbilanz für Siedlungsabfälle) werden die Daten der kommunalen Siedlungsabfallbilanzen in NRW verwaltet. Vom LANUV

wurden die kreisscharf erfassten Holzmengen des Erhebungsjahrs 2010, die den örE überlassen wurden, zur Verfügung gestellt. Diese Daten wurden in den Gemeindeschlüssel zur weiteren Berechnung übertragen und auf Kreisebene auf die Einwohnerzahlen bezogen. Die den örE überlassene Menge pro Einwohner (EW) und Jahr liegt zwischen 0 und 56 kg. Im Schnitt werden 8 kg Altholz/EW*a im Rahmen der kommunalen Entsorgung gesammelt.

Erfassung über typisch anfallende Mengen: Die Daten zur Berechnung der Altholzmengen werden über durchschnittliche Anfallzahlen je Einwohner abgeschätzt. Diese Mengen werden stichpunktartig über die Auswertung von Abfallwirtschaftsplänen und -bilanzen bzw. den Abgleich mit Literaturdaten validiert. Die Auswertung und Gegenüberstellung der Literaturquellen zeigt, dass das mengenmäßige Altholzaufkommen zwischen 85 kg (Prognos 2008), über 95 kg (Kaltschmitt 2009) bis zu 100 kg (Marutzky 2004) pro Einwohner und Jahr betragen kann. Hier sind Hölzer aus Bautätigkeiten, Hölzer im Sperrmüll und im Hausmüll mit enthalten (Mantau et al. 2005). Bei Prognos (2008) wurden regionale Gegebenheiten mit berücksichtigt und auch eine Abschätzung für Nordrhein-Westfalen vorgenommen. Daher wird dieser Wert (85 kg/EW*a) für die weiteren Berechnungen zugrunde gelegt. Unter dieser Annahme liegt das Gesamtpotenzial in NRW bei rund 1,5 Mio. t pro Jahr.

In **Tabelle 79** sind die über die örE gesammelten sowie die über die Literaturwerte berechneten Mengen auf Planungsregionsebene aufgeführt.

Tabelle 79: Altholzmengen in den Planungsregionen in NRW im Jahr 2010

Planungsregion	Über örE erfasste Altholzmengen	Über Literatur berechnete Gesamtmengen	Anteil örE-Mengen an Gesamtmenge
	[t/a]	[t/a]	[%]
Münster	20.765	135.211	15
Detmold	14.942	173.257	9
Arnsberg	5.469	121.072	5
RVR	47.736	437.776	11
Düsseldorf	15.792	276.138	6
Köln	35.236	373.383	9
NRW	139.940	1.516.837	9

NRW-weit werden 9 % der gesamten Altholzmengen über die örE erfasst. Dieser Wert schwankt von 5 % in der Planungsregion Arnsberg bis 15 % in der Planungsregion Münster. In **Tabelle 80** sind die Verwertungswege dieser Mengen aufgeführt.

Tabelle 80: Verwertungswege Altholz über örE erfasst aus Siedlungsabfallbilanz (MKULNV 2011)

Regierungsbezirk	MB 2009 [%]	MBA 2009 [%]	MVA, KW 2009 [%]	Lagerung & Umschlag 2009 [%]
Düsseldorf	89	0	11	0
Köln	52	0	5	43
Münster	57	3	5	35
Detmold	84	0	16	0
Arnsberg	47	0	24	29
Gesamt	65	1	11	23

5.1.1.2 Mechanische Anlagen zur Altholzbehandlung

Die Daten zu Holzaufbereitungsanlagen entstammen den Informationssystemen ENADA und AIDA (Datenstand: 14.09.2012) und wurden durch Internetrecherchen über die Anlagenbetreiber – wenn möglich – ergänzt. Insgesamt verfügen 52 Gemeinden über Standorte zur Altholzaufbereitung bei einer Gesamtanzahl von 63 Anlagen. Dabei müssen die errichteten Kapazitäten nicht zwangsläufig den genehmigten Kapazitäten entsprechen. Hier wurde folgendermaßen vorgegangen: Bei Anlagen mit Datenbankeinträgen zur errichteten, aber nicht zur genehmigten Kapazität wurde die genehmigte der errichteten Kapazität gleichgesetzt. Bei Einträgen zur errichteten Kapazität in AIDA wurde diese als genehmigte Kapazität angenommen.

Unter diesen Annahmen ergibt sich eine theoretisch genehmigte Anlagenkapazität für Altholzaufbereitungsanlagen in Nordrhein-Westfalen in Höhe von rund 2,6 Mio. t pro Jahr.

5.1.1.3 Altholzverbrennungsanlagen

In NRW werden neun Biomassekraftwerke bzw. Altholzverbrennungsanlagen betrieben, in denen Hölzer der Kategorien I bis IV entsprechend der Altholzverordnung eingesetzt werden können. Eine weitere Anlage steht derzeit still. Die Verbrennungsanlagen haben insgesamt eine Kapazität von rund 1,3 Mio. t/a.

Die Daten zur Strom- und Wärmebereitstellung bzw. elektrischen und thermischen Leistung wurden über eine Internetrecherche bei den Betreibern und aus der Marktstudie „Der Markt für Biomassekraftwerke in Europa 2010/2011“ ergänzt (Döing et al. 2009). Bei fehlenden Angaben wurden die Werte berechnet unter folgenden Annahmen: Für die Berechnung der elektrischen Leistung wurde eine durchschnittliche Verfügbarkeit der Anlagen von 7.500 Betriebsstunden im Jahr angesetzt. Bei der Wärme wird nur eine theoretische Wärmemenge auf der Ebene der Planungsregionen angegeben, da die tatsächliche Wärmeabgabe vom Abnahmemarkt und der Verfügbarkeit eines Versorgungsnetzes abhängt.

In 2006 gingen deutschlandweit die aus der mechanischen Behandlung stammenden Althölzer zu 19 % in die stoffliche und zu 81 % in die energetische Verwertung (Prognos 2008). Laut dieser Verteilung und der Werte aus **Tabelle 80** ergibt sich für die Planungsregionen NRWs die in **Tabelle 81** stehende Verteilung. Diesen Mengen werden die Kapazitäten in Altholzverbrennungsanlagen gegen-

übergestellt. Die Situation auf Kreisebene ist in **Abbildung 50** dargestellt. In den Planungsregionen Düsseldorf und Köln werden keine Altholzverbrennungsanlagen betrieben, wodurch hier keine Kapazitäten in der Altholzverbrennung zur Verfügung stehen.

Tabelle 81: Gesamtholzmengen, Mengen zur energetischen Verwertung, Kapazitäten in der energetischen Verwertung

Planungsregion	Gesamtholzmengen	Theoretische Mengen für energetische Verwertung	Kapazitäten in der Altholzverbrennung
	t/a	t/a	t/a
Münster	135.211	109.521	110.000
Detmold	173.257	140.339	280.000
Arnsberg	121.072	98.068	340.000
RVR	437.776	354.599	575.000
Düsseldorf	276.138	223.672	0
Köln	373.383	302.441	0
NRW	1.516.837	1.228.640	1.305.000

Bei den energetischen Kapazitäten zeigt sich, dass die Behandlungskapazitäten in etwa den verfügbaren Mengen entsprechen (s. **Tabelle 81**). Bei dieser Betrachtung ist zu beachten, dass bei der Aufteilung zwischen der stofflichen und energetischen Verwertung die Kapazitäten der Müllverbrennungsanlagen nicht berücksichtigt worden sind, die einen weiteren Abnehmer für Althölzer darstellen können. Des Weiteren ist der Durchsatz einer Verbrennungsanlage u.a. abhängig vom Heizwert und der Feuchte der Eingangsstoffe, so dass die eingesetzten Mengen schwanken können.

Die berechneten Werte entsprechen aufgrund unterschiedlicher Hintergründe (Anschlussmöglichkeit an Fernwärmenetz, Dampfabgabe etc.) nicht der tatsächlich bereitgestellten Wärmemenge in NRW. In **Tabelle 82** sind die Durchsätze und die theoretischen Strom- und Wärmemengen auf Ebene der Planungsregionen zusammengefasst. Demnach entsprechen die Kapazitäten in der Altholzverbrennung nach den Berechnungsparametern in Kapitel 5.2.1 einer aktuellen Strombereitstellung aus Altholz von 1,1 TWh/a und einer theoretischen Wärmemenge von 2,6 TWh/a (**Tabelle 82**).

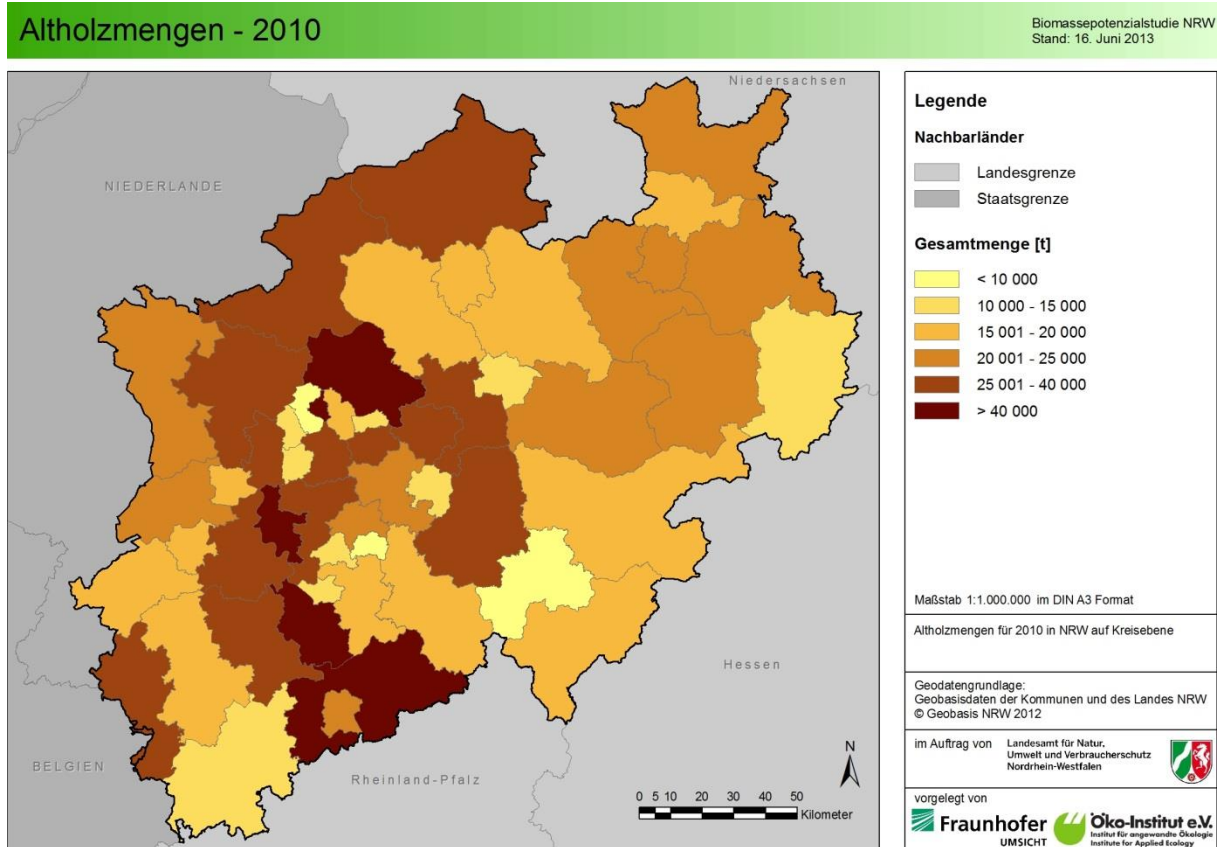


Abbildung 50: Altholzaufkommen pro Jahr für die energetische Verwertung je Kreis

Tabelle 82: Theoretisch erzeugte Strom- und Wärmemengen von Altholzverbrennungsanlagen*

Planungsregion	Kapazitäten Altholzverbrennungsanlagen [t/a]	Leistung [MW _{el}]	Strommenge [MWh/a]	Wärmemenge [MWh/a]
Münster	110.000	10	72.000	172.800
Detmold	280.000	37	276.750	664.200
Arnsberg	340.000	20	146.250	351.000
RVR	575.000	76	570.000	1.368.000
Düsseldorf	0	0	0	0
Köln	0	0	0	0
Gesamt	1.305.000	143	1.065.000	2.556.000

* Strommengen nach Betreiberangaben und theoretische Wärmemengen über eingesetzte Altholzmengen berechnet

Der Anlagendurchsatz liegt geringfügig unter den vorhandenen Kapazitäten (rund 1,3 Mio. t pro Jahr). Dies resultiert aus Unsicherheiten bei den angegebenen Mengen in den Datenbanken. Nach Vergleich dieser Daten mit Angaben von den Internetseiten der Betreiber wurde für die Mengen der im Vergleich mit anderen Anlagen ähnlicher Größenordnung plausibelste Wert angesetzt.

5.1.2 Klärschlamm

5.1.2.1 Kläranlagen

Die Erhebung zu Mengen und Verwertungswegen des Klärschlammes erfolgten anlagenbezogen über das „Erhebungssystem über Internet für Kläranlagenabfälle (ERIKA)“ für das Jahr 2010. Diese Erhebung liefert Informationen zu den Entsorgungswegen für 620 Kläranlagen, 6 Klärschlammbehandlungsanlagen und 7 Zwischenlagern. Klärschlämme werden entweder stofflich verwertet (SV) oder thermisch behandelt, wobei Teilmengen auch in andere Bundesländer exportiert oder an andere Abwasserbehandlungsanlagen abgegeben werden. Eine Deponierung von nordrhein-westfälischen Klärschlämmen findet nicht statt. In **Tabelle 83** sind die Entsorgungswege auf der Ebene der Planungsregionen aufgeführt.

Energetische Potenziale am Standort der Kläranlagen können über die Produktion von Klärgas in Faultürmen und seine anschließende Nutzung zur Strom- und Wärmeproduktion erschlossen werden. Insgesamt werden rund 108.000 t kommunaler Klärschlämme pro Jahr in Kraftwerken im Rahmen der thermischen Behandlung mitverbrannt (Oberdörfer 2013).

Die Verbrennung von Klärschlämmen in Klärschlammverbrennungsanlagen wird gesondert in Kapitel 5.1.2.2 betrachtet.

Tabelle 83: Entsorgungswege Klärschlamm pro Jahr (SV = Stoffliche Verwertung)

Planungsregion	SV gesamt [t TS]	SV Landwirtschaft [t TS]	SV landschaftsbau- liche Maßnahmen ¹⁾ [t TS]	Sonstige SV ²⁾ [t TS]	Thermische Behandlung [t TS]	Entsorgte KS-Mengen [t TS]
Münster	28.135	23.293	1.705	3.137	12.351	40.486
Detmold	34.741	27.099	1.839	5.804	17.318	52.059
Arnsberg	5.652	4.665	884	103	23.854	29.506
RVR	10.900	10.210	0	690	117.496	128.396
Düsseldorf	16.765	7.421	1.365	7.979	60.164	76.929
Köln	21.327	16.995	4.296	35	76.682	98.009
NRW	117.520	89.683	10.089	17.748	307.865	425.385

¹⁾ inkl. Kompostierung; ²⁾ überwiegend Aufbereitung für den Landschaftsbau

270 Kläranlagen produzieren Klärgas. Die Klärgasmenge reicht von 115 m³/a bis 13.640.247 m³/a mit einem Nutzungsgrad von 7 bis 100 % und einem mittleren Nutzungsgrad über die Anlagengesamtheit von 90 % (Datengrundlage LANUV). Die Klärgasmengen auf Planungsregionenebene sind in **Tabelle 84** dargestellt.

Tabelle 84: Anlagenbezogene Klärgasmengen nach Planungsregionen

Planungsregion	Klärgasanfall [m ³ /a]
Münster	16.954.546
Detmold	25.410.383
Arnsberg	14.719.200
RVR	61.227.129
Düsseldorf	44.686.177
Köln	43.386.146
NRW	206.383.581

Die auf Kreisebene zusammengefassten Klärgasmengen sind in **Abbildung 51** aufgeführt.

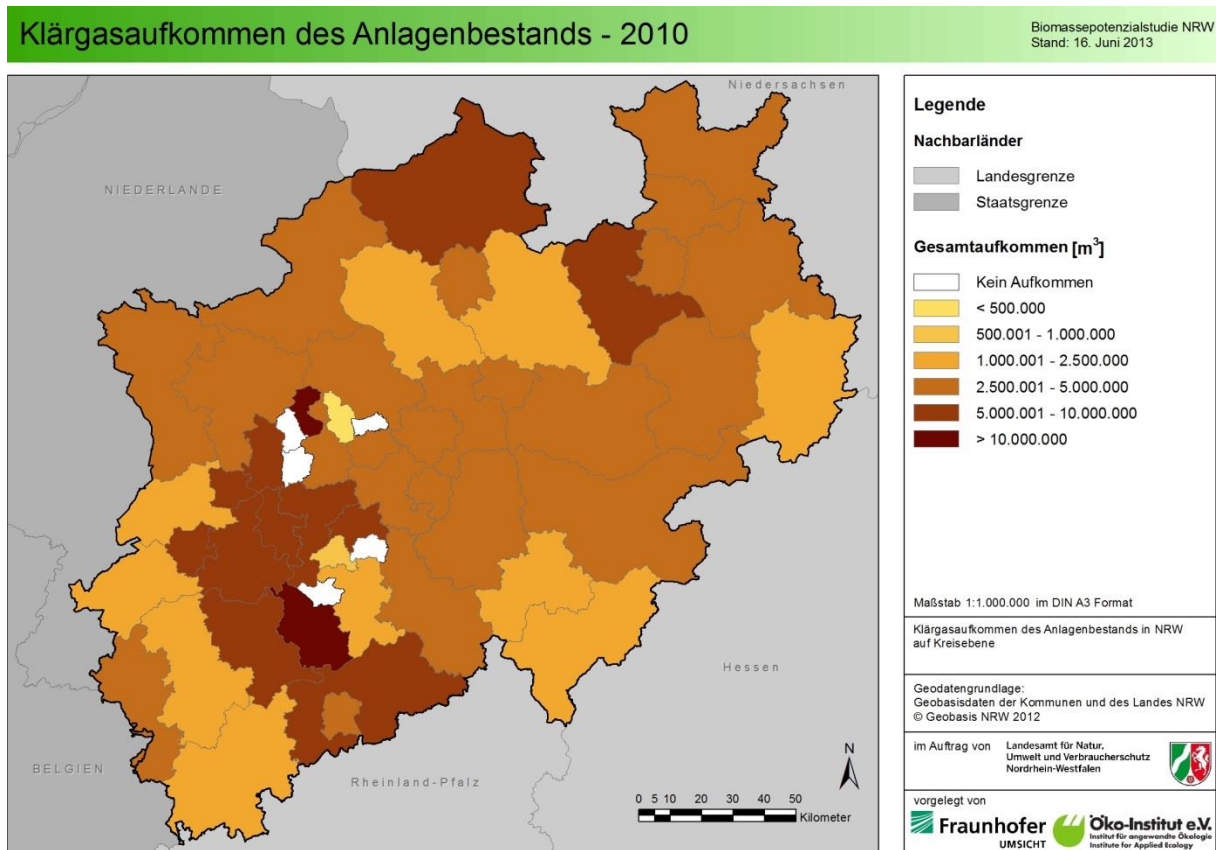


Abbildung 51: Klärgasaufkommen je Kreis pro Jahr

Folgende Möglichkeiten der Faulgasnutzung werden eingesetzt:

- BHKW
- BHKW, Heizung
- Heizung

- Beheizung Faultürme, Betriebsanlagen, Pasteurisierung, Klärschlamm-trocknung
- Gasmotor
- Abgabe an Stadtwerke bzw. Elektrizitätsunternehmen
- Mikrogasturbine
- Energieerzeugung (Müll- und Klärschlammverbrennungsanlagen MKVA), Heizölsubstitution

Die bereitgestellte Energie aus der Klärgasverwertung wird in erster Linie für die Eigenversorgung der Standorte verwendet. Nur an einzelnen Standorten wird die erzeugte elektrische Energie ganz oder teilweise in das Stromnetz eingespeist.

Zur Abschätzung der theoretisch mit dem heutigen Anlagenbestand produzierbaren Energiemengen werden die Klärgasmengen anhand der Annahmen zu Energieinhalt (6 kWh/m³) und Wirkungsgraden (elektrischer Wirkungsgrad BHKW 35 %, thermischer Wirkungsgrad BHKW 55 %) aus Kapitel 5.2.2.1 und unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Nutzungsgrades von 90 % berechnet.

Tabelle 85: Theoretisch erzeugte Strom- und Wärmepotenziale aus Kläranlagen mit Gasnutzung in den Planungsregionen

Planungsregion	Theoretische Strommenge [MWh/a]	Theoretische Wärmemenge [MWh/a]
Münster	32.044	50.355
Detmold	48.026	75.469
Arnsberg	27.819	43.716
RVR	115.719	181.845
Düsseldorf	84.457	132.718
Köln	82.000	128.857
NRW	390.065	612.960

5.1.2.2 Klärschlammverbrennungsanlagen

In NRW gibt es 8 Klärschlammverbrennungsanlagen (MKULNV 2013). Insgesamt wird die Gesamtkapazität der Klärschlammverbrennungsanlagen auf ca. 0,35 Mio. t Trockensubstanz(TS)/a abgeschätzt.

Die Energiebereitstellung bzw. -nutzung aus den Klärschlammverbrennungsanlagen ist sehr unterschiedlich. Eine Ausweisung der Wärmemenge erfolgt darum für theoretisch berechnete produzierbare Wärmemengen. Die Strommenge wird basierend auf veröffentlichten Anlagendaten der Betreiber auf Ebene der Planungsregionen abgeschätzt. Dabei werden die Anlagen, die Dampf in entsprechende Werksnetze abgeben, nicht in die Berechnung einbezogen. In Klärschlammverbrennungsanlagen werden sowohl entwässerte als auch getrocknete Klärschlämme eingesetzt. Eine selbstgängige Verbrennung ist ab einem Trockensubstanzgehalt von 35 % für Rohschlämme und 45 bis 55 % für Faulschlämme möglich (UBA 2012a). Die theoretisch produzierten Strom- und Wärmemengen sind in **Tabelle 86** aufgeführt. Hierbei ist zu beachten, dass in den Klärschlammverbrennungsanlagen nicht nur

kommunale Klärschlämme aus NRW, sondern auch Schlämme aus anderen Bundesländern, sonstige importierte Schlämme und auch industrielle Klärschlämme eingesetzt werden können.

In den Planungsregionen Münster und Detmold gibt es keine Klärschlammverbrennungsanlagen. In der Planungsregion Arnsberg gibt es eine Klärschlammverbrennungsanlage, die zwar Klärschlämme einsetzt, aber den Dampf in ein vor Ort befindliches Kraftwerktdampfnetz einspeist. Eine eigene Dampfturbine hat diese Anlage nicht. Aus diesem Grund werden in **Tabelle 86** für diese drei Planungsregionen keine Strom- und Wärmemengen ausgewiesen.

Tabelle 86: Theoretisch produzierte Strom- bzw. Wärmemengen pro Jahr aus Klärschlammverbrennungsanlagen in den Planungsregionen

Planungsregion	Strommenge [MWh/a]	Wärmemenge [MWh/a]
Münster	0	0
Detmold	0	0
Arnsberg	0	0
RVR	133.800	321.120
Düsseldorf	8.200	19.680
Köln	7.500	18.000
NRW	149.500	358.800

Zur Validierung der abgeschätzten Strommenge wurde zusätzlich eine Berechnung über die in den Anlagen eingesetzten Klärschlammengen durchgeführt. Hieraus ergeben sich insgesamt 250.250 MWh_{el}/a. Abzüglich der Werte für Leverkusen und Werdohl (wegen Dampfnutzung in **Tabelle 86** nicht berücksichtigt), ergibt sich ein Wert von 153.125 MWh_{el}/a. Dieser Wert liegt in vergleichbarer Größenordnung wie die über die Anlagendaten berechnete bereitgestellte Strommenge. Die Klärschlammengen für die thermische Nutzung sind auf Ebene der Kreise in **Abbildung 52** dargestellt. Einige Kreise weisen nach ERIKA keine Mengen zur energetischen Verwertung bzw. Stoffströme zur thermischen Nutzung auf und sind mit „0 t“ dargestellt.

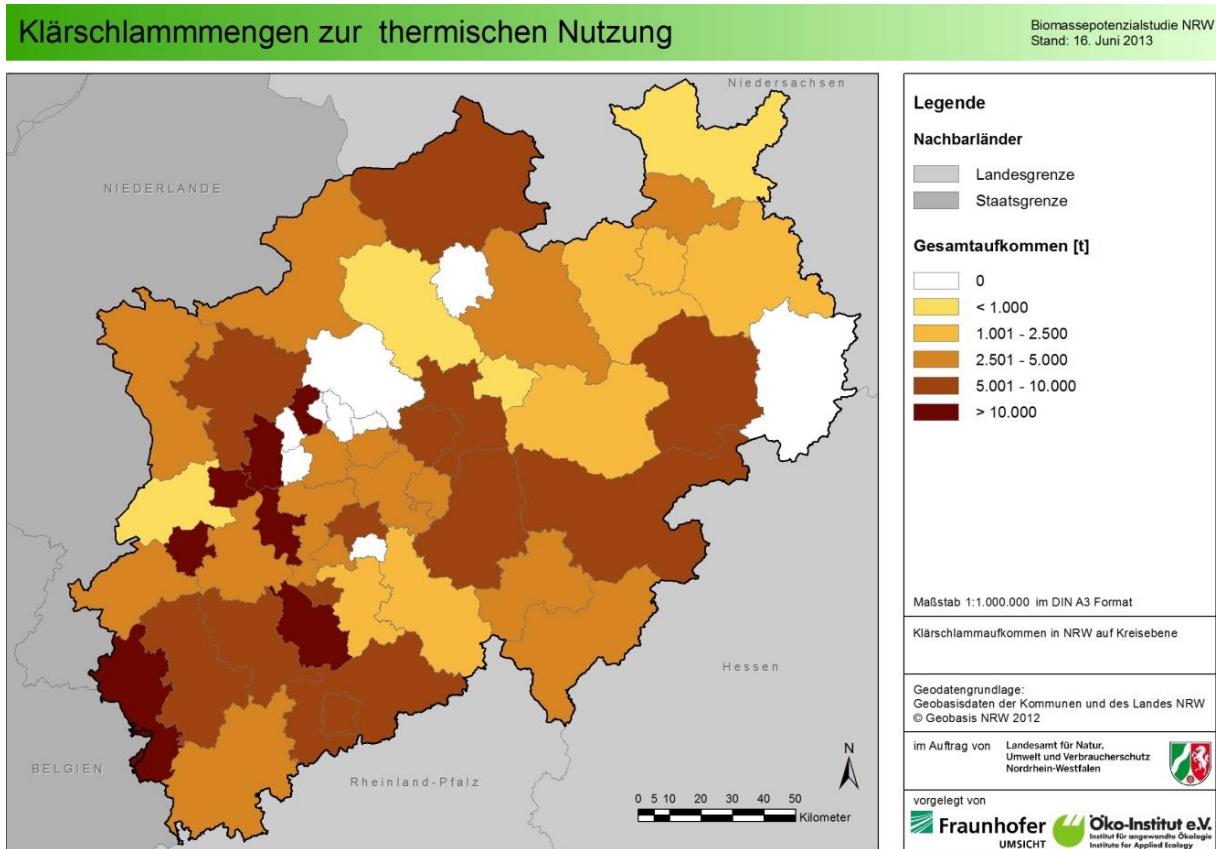


Abbildung 52: Jährlich anfallende Klärschlamm-mengen für die thermische Nutzung je Kreis nach ERIKA

5.1.3 Deponiegas

Die Daten zur Gasverwendung bei den aktiv entgasten Deponien in NRW wurden der Datenbank AD-DISweb entnommen. Neben aktiv entgasten Deponien gibt es noch passiv entgaste Deponien. Bei diesen ist eine Deponiegasnutzung nicht möglich oder nicht lohnend (meist aufgrund zu kleiner Mengen). Es wird angenommen, dass hier kein weiteres Potenzial für die Deponiegasnutzung vorliegt.

Im Jahr 2010 waren in NRW 421 Deponien in der Ablagerungs-, Stilllegungs- oder Nachsorgephase (Trapp 2012). Davon werden 56 Deponien aktiv entgast. Nur diese gehen in die Auswertungen mit ein. Das Gas wird entweder verwertet (z.B. BHKW, BKW) oder behandelt (Biofilter, Fackel, RTO [regenerativ-therm. Oxidation], Muffel). 82 % der Deponien sind an ein Blockkraftwerk (Stromerzeugung) oder Blockheizkraftwerk (Wärme- und Stromerzeugung) angeschlossen.

Abbildung 53 zeigt die Deponiegasfördermengen von ca. 143 Mio. m³ Deponiegas im Jahr 2010 differenziert in Kreise und kreisfreie Städte.

Anlagenbestand Deponiegas - Fördermenge 2010

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

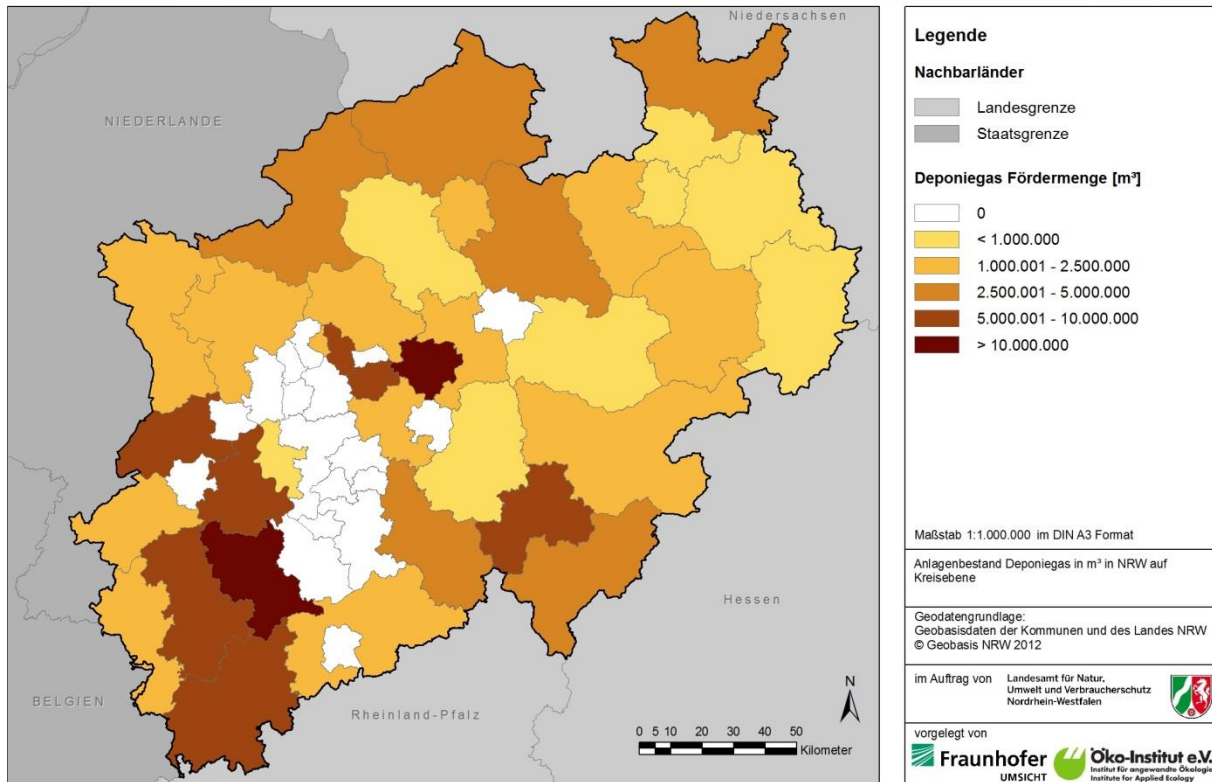


Abbildung 53: Deponiegasfördermengen in NRW im Jahr 2010

Für ca. 22 % der Deponien liegen keine Daten zur Gasverwertung vor. Folgende Annahmen wurden für diese Standorte getroffen:

- Bei Vorhandensein eines BHKW oder BKW am Standort wurde die erzeugte Gasmenge dem jeweiligen Kraftwerktyp zugeordnet. Die dargestellten Energiewerte sind daher eine Abschätzung.
- Beim BHKW wurde von einem typischen elektrischen Wirkungsgrad von 35 % und einem thermischen Wirkungsgrad von 45 % ausgegangen (Pro2 2010, Pro2 2012). Die Wirkungsgrade hängen u.a. von der technischen Ausstattung, den Stunden des Voll- und Teillastbetriebs, der Gasqualität und der Größe der BHKW ab. Für das BKW wurde ein elektrischer Wirkungsgrad von 45 % angenommen.
- Der durchschnittliche Heizwert des Deponiegases wurde mit 5 kWh/m³ angenommen (EGST 2013).

Die folgenden Karten (**Abbildung 54**, **Abbildung 55**) zeigen die Abschätzung der Strom- bzw. Wärmemengen für das Jahr 2010 auf der Ebene von Kreisen und kreisfreien Städten. Dabei ist zu beachten, dass einige Anlagen nur Strom bzw. nur Wärme erzeugen.

Anlagenbestand Deponiegas - Stromerzeugung 2010

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

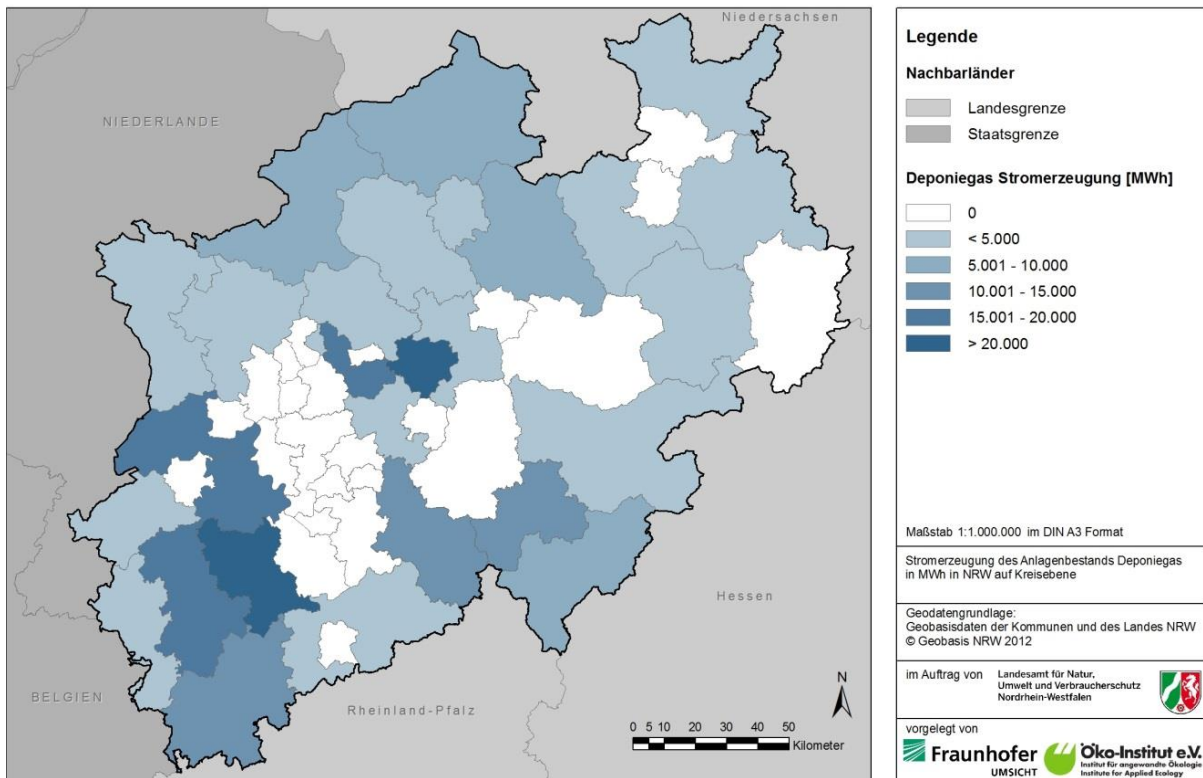


Abbildung 54: Abschätzung erzeugter Strommengen aus Deponiegas für das Jahr 2010

Anlagenbestand Deponiegas - Wärmeerzeugung 2010

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

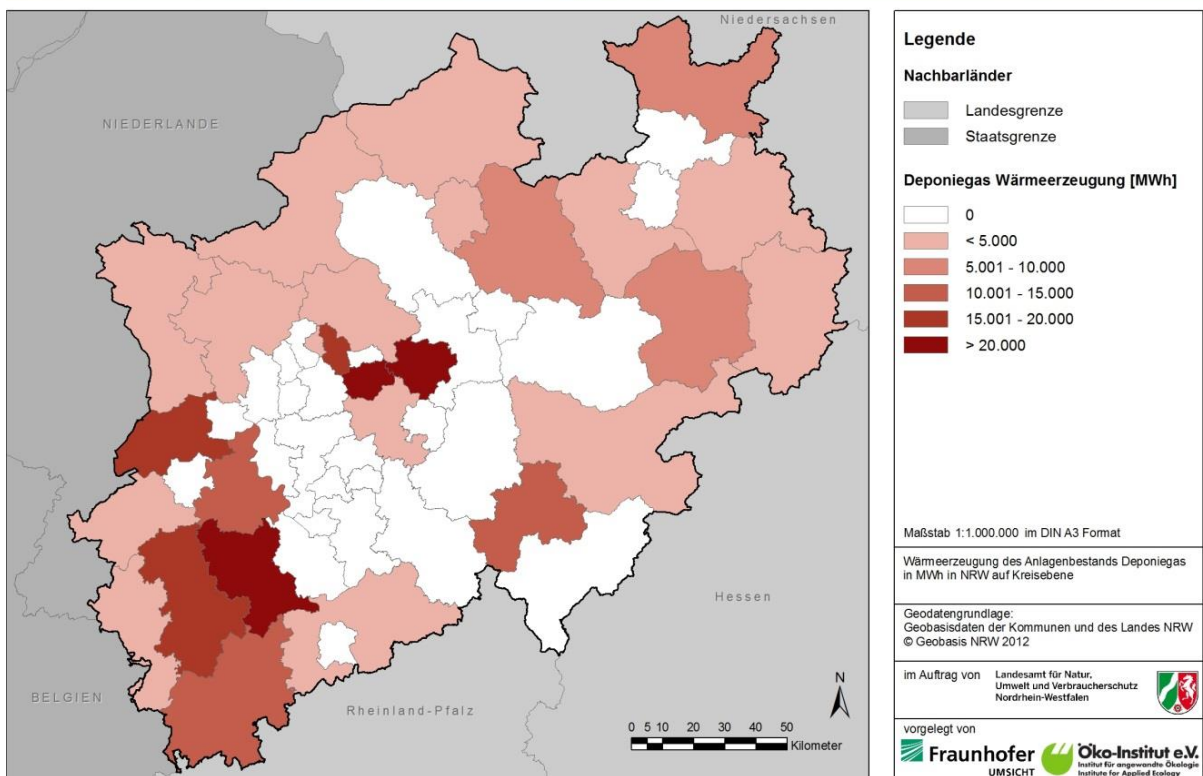


Abbildung 55: Abschätzung erzeugter Wärmemengen aus Deponiegas für das Jahr 2010

Im Jahr 2010 wurden unter den obigen Annahmen ca. 0,3 TWh/a Strom und ca. 0,3 TWh/a Wärme produziert. Dies ist in der folgenden **Tabelle 87** auf Ebene der Planungsregionen dargestellt. Bei der Deponiegasverwertung wird keine Wärme vorab gebraucht und die Verbrennung benötigt keinen Strom. Strom wird zum Fördern des Deponiegases gebraucht und für die Sickerwasserbehandlung. Dies konnte hier aber nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 87: Stand der Strom- und Wärmeerzeugung aus Deponiegas in NRW im Jahr 2010

Planungsregion	Deponiegas-Fördermenge 2010 [Mio. m ³]	Strom [MWh]	Wärme [MWh]
Münster	12,7	25.493	17.005
Detmold	8,6	13.070	14.079
Arnsberg	15,8	23.540	14.950
RVR	40,4	75.350	90.375
Düsseldorf	20,4	37.379	32.818
Köln	45,4	78.732	81.270
NRW	143,3	253.564	250.497

Im Jahr 2010 wurden von den 143,3 Mio. m³ Fördermenge 129,5 Mio. m³ energetisch verwertet. Aus diesen Mengen werden Strom und Wärme erzeugt. Die restlichen 13,7 Mio. m³ (ca. 10 %) werden behandelt, d.h. abgefackelt oder über Biofilter gereinigt, um die Klimawirksamkeit des Methans zu reduzieren. Falls die BHKWs oder BKWs in Revision sind oder ausfallen, werden die Gase ebenfalls abgefackelt. Diese Mengen sind in den behandelten Mengen enthalten.

Für die Wärmeabgabe ist es sehr schwierig, Aussagen zu treffen. Die Deponien liegen in der Regel außerhalb von Verbrauchern (z.B. Siedlungen), können aber Wärme ggf. an andere Einrichtungen (z.B. Kompostierungsanlagen auf dem Gelände, Infrastruktur und Nebenanlagen) abgeben. Es ist keine Schätzung möglich, wie hoch dieser Anteil ist. Durch den sinkenden Anteil von Gasmengen sind Investitionen in Wärmenetze darüber hinaus unwahrscheinlich.

5.1.4 Bio- und Grünabfälle

5.1.4.1 Mengenströme und Verwertungswege Bio- und Grünabfälle

In dieser Studie werden Bio- und Grünabfälle betrachtet, die den öRE überlassen werden. Entsprechende Daten werden im Rahmen der Abfallbilanz für Siedlungsabfälle erfasst.

Abbildung 56 zeigt einen Überblick über die Gemeinden, die im Jahr 2010 Bioabfälle über eine Biotonne erfasst haben. In **Abbildung 57** sind die erfassten Mengen auf Kreisebene abgebildet. In Hagen, Solingen und Leverkusen wurden für das Jahr 2010 keine Bioabfallmengen gemeldet. Für diese Städte sind in **Abbildung 57** darum keine Mengen ausgewiesen.

Biotonnenangebot in NRW - Stand 2010

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

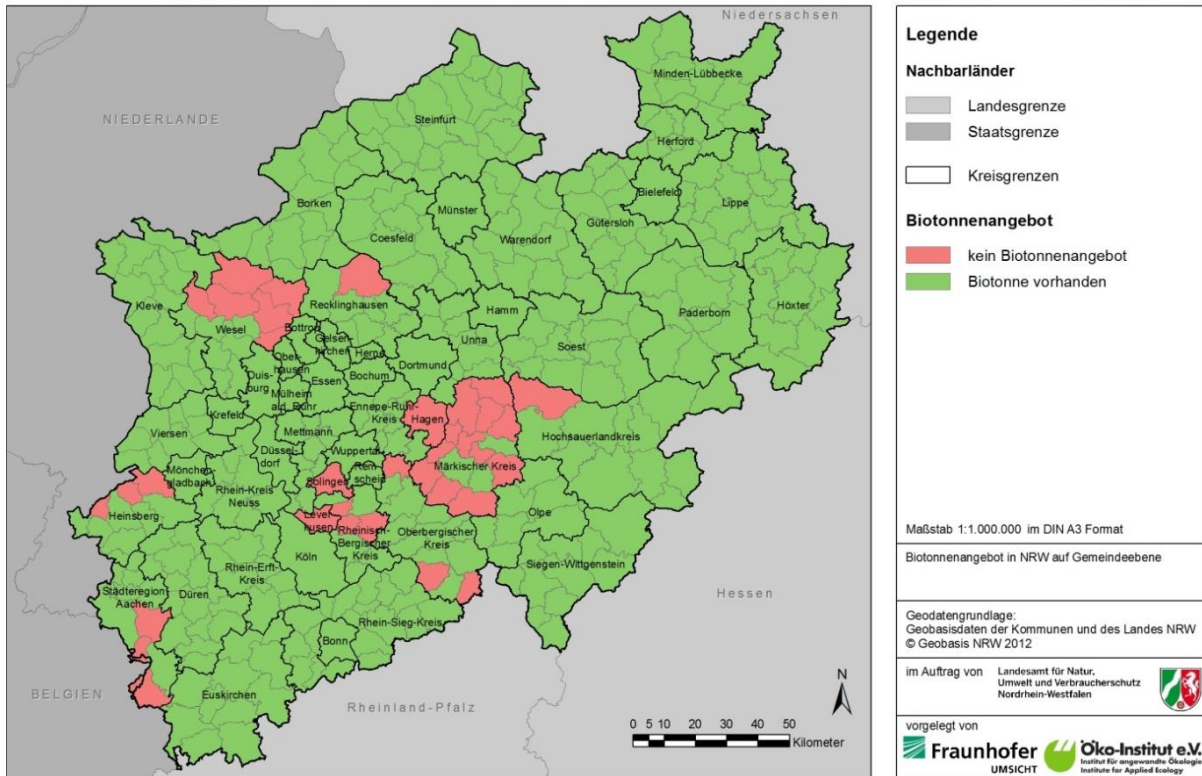


Abbildung 56: Biotonnenangebot in NRW im Jahr 2010 (Quelle: MKULNV 2013)

Erfasste Mengen Bioabfall - 2010

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

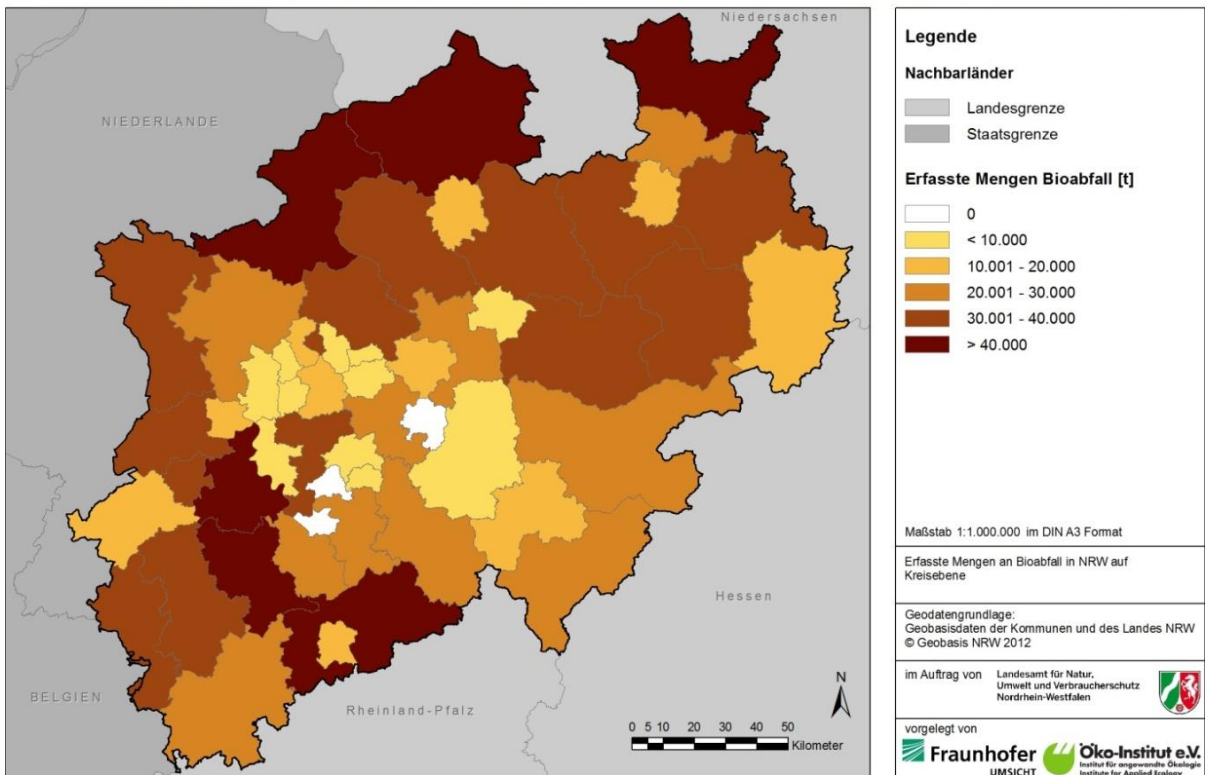


Abbildung 57: Mengen getrennt erfasster Bioabfälle in NRW im Jahr 2010 (Quelle: MKULNV 2013)

Das Biotonnenangebot an den Bürger kann je nach Gemeindegattung freiwillig oder verpflichtend sein. Das neue Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) schreibt in § 11 Abs.1 die getrennte Sammlung von Bioabfällen ab dem 01.01.2015 verpflichtend vor (Abfallrecht 2012). Bezüglich der Verwertung von Bio- und Grünabfällen werden einwohnerspezifische Werte angesetzt. Im Jahr 2010 wurden rund 1,9 Mio. t Bio- und Grünabfälle, d.h. 104 kg/EW, getrennt erfasst und verwertet. 64 % dieser Menge wurden über die Biotonne gesammelt. Grünabfälle werden häufig über kommunale Sammelstellen angenommen. Etwa 90 % des Bioabfalls (über die Biotonne erfasste organische Abfälle) wurden direkt in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelt. Von den restlichen 10 % wurden 9 % zunächst an Lager- und Umschlagplätze und jeweils weniger als 1 % an Verbrennungsanlagen (MVA, KW), mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen (MBA) und mechanische Behandlungsanlagen (MA) angeliefert. Für diese Studie wird davon ausgegangen, dass die an Lager- bzw. Umschlagplätzen angelieferten Mengen vollständig in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen verwertet werden.

Abbildung 58 zeigt die Mengen erfasster Grünabfälle auf Kreisebene. Im Kreis Olpe und dem Ennepe-Ruhr-Kreis wurden 2010 keine Mengen gemeldet.

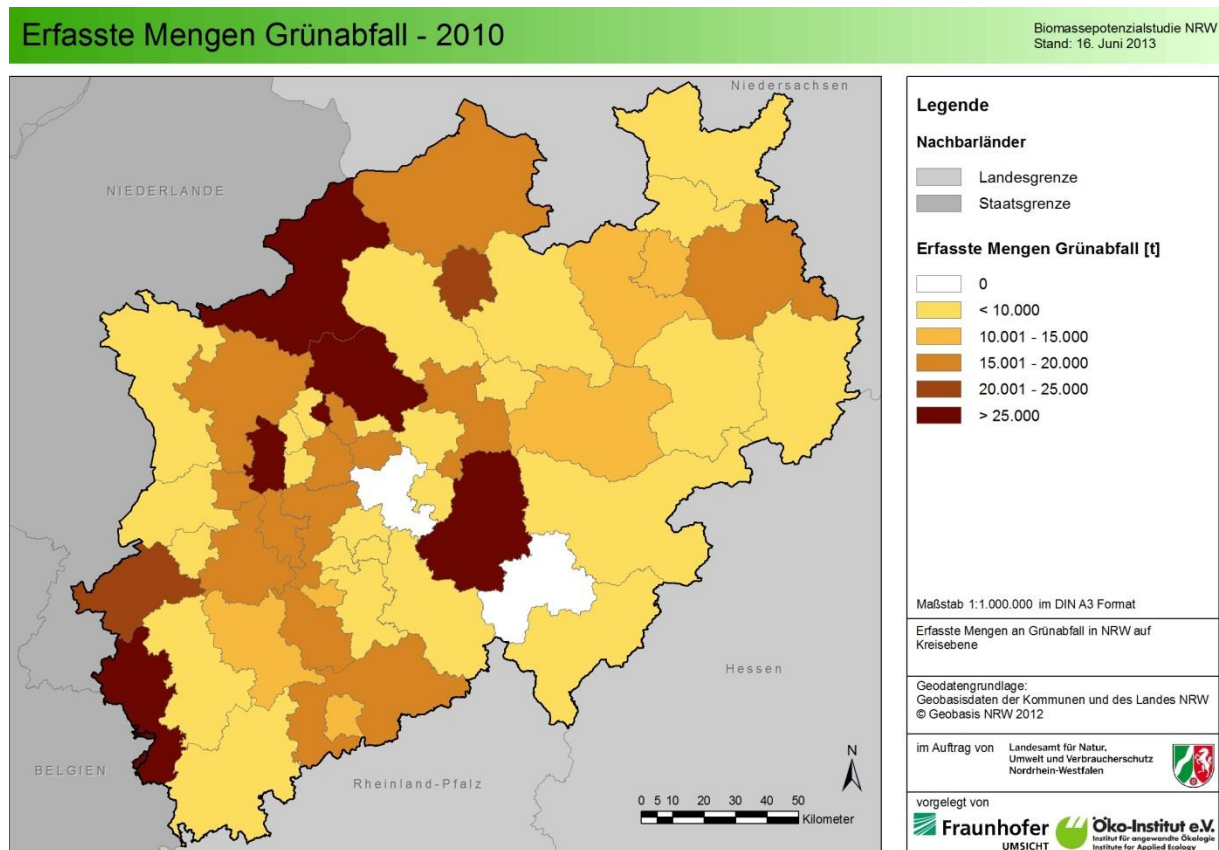


Abbildung 58: Mengen getrennt erfasster Grünabfälle in NRW im Jahr 2010 (Quelle: MKULNV 2013)

Beim Grünabfall wurden 81 % direkt in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen behandelt und 13 % über Lager- und Umschlagplätze angeliefert. 5 % wurden mechanisch behandelt und weniger als 1 % verbrannt. Für diese Studie wird davon ausgegangen, dass die an Lager- bzw. Umschlagplätzen angelieferten Mengen vollständig in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen verwertet werden. Mengen, die in Verbrennungsanlagen verwertet werden, werden indirekt im Kapitel zur Müllverbrennung

oder zur Altholzverbrennung berücksichtigt. Neben den direkt verbrannten Mengen (< 1%) gehen zusätzlich Mengen aus der mechanischen Behandlung in Verbrennungsanlagen (ca. 5%).

5.1.4.2 Bestehende Kompostierungs- und Vergärungsanlagen

In NRW steht in 63 Kompostierungs- und Vergärungsanlagen (Anlagen, an die Bio- und Grünabfälle angeliefert werden, die den öRE überlassen werden) eine Gesamtkapazität von ca. 1,9 Mio. t zur Verfügung. Die Kapazität der Vergärung ist darin enthalten und wird mit 269.000 t angegeben. Eine Trennung in reine Kompostierungs- oder Vergärungsanlagen ist nicht sinnvoll, da einige Kompostierungsanlagen Teilstromvergärungen betreiben. Die Anlagen nehmen Bio- und Grünabfälle aus unterschiedlichen Gemeinden und Kreisen an. Im Jahr 2010 belief sich der Gesamtdurchsatz (Vergärung und Kompostierung) auf rd. 1,9 Mio. t und entsprach damit der Kapazität.

Im Jahr 2010 wurden aus dem bei der Vergärung erzeugten Gas insgesamt ca. 46 GWh Strom produziert und ca. 17 GWh Wärme extern genutzt. Eine Abschätzung mit durchschnittlichen Gaserträgen und Wirkungsgraden würde bei einer Kapazität von 269.000 t/a mit Anlagen nach dem aktuellen Stand der Technik eine ähnliche Strommenge (45 GWh/a) erwarten lassen (Berechnung mit den Faktoren aus **Tabelle 89** in Kapitel 5.2.4). Die angegebene Wärmemenge von 17 GWh/a erscheint dagegen niedrig. Gründe dafür könnten das Fehlen von ausreichenden Wärmeabnehmern am Standort, Eigenverbräuche und Unterschiede in der Anlagentechnik (Strom-/Wärmeverhältnis) sein.

Als Sonderfall gelten Biogasanlagen aus der Landwirtschaft, die eine Genehmigung haben, Substrate aus der Abfallwirtschaft durchzusetzen. Die Daten wurden über die Landwirtschaftskammer zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um 28 Anlagen mit einer Leistung von ca. 15 MW. Diese Anlagen werden nicht weiter betrachtet, da sie nur einen geringen Prozentsatz, gemessen an der Gesamtleistung der Kompost- und Vergärungsanlagen, ausmachen.

5.1.5 Hausmüll / hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll

5.1.5.1 Mengenströme und Entsorgungswege

Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall enthalten über 50 % biogene Anteile (Holz, Papier, Pappe, Kartonage, Organik, Baumwolle,...). Sperrmüll kann bis zu 70 % biogene Anteile enthalten. Die Zahlen beziehen sich auf den Gesamtkohlenstoffgehalt (Bilitewski 2006). Im Biomasseaktionsplan wurde der gesamte Energieoutput der Müllverbrennungsanlagen (MVA) zur Berechnung von Effizienzpotenzialen betrachtet (MUNLV 2009). Für diese Studie wird angenommen, dass 50 % der erzeugten Energie auf biogene Abfälle zurückgeht. Diese Annahmen enthalten Ungenauigkeiten, da immer eine Mischung der Eingangsmengen aus fossilen, inerten und biogenen Anteilen mit unterschiedlichen Heizwerten vorliegt. Durch eine zukünftig gesteigerte separate Erfassung des Bio- und Grünabfalls kann sich darüber hinaus der biogene Anteil verringern.

Die Abfallbilanz für Siedlungsabfälle weist für das Jahr 2010 eine Menge von 3,3 Mio. t Hausmüll (gemischte Siedlungsabfälle) aus, die den öRE überlassen wurde. Dies entspricht ca. 184 kg pro Einwohner. Von diesen Mengen wurden ca. 11 % mechanisch und ca. 6 % mechanisch-biologisch behandelt sowie 83 % in Hausmüllverbrennungsanlagen verbrannt.

Zusätzlich wurden in NRW 0,3 Mio. t hausmüllähnliche Gewerbeabfälle von öRE erfasst. Dies entspricht ca. 18 kg pro Einwohner. Davon wurden ca. 15 % mechanisch und ca. 11 % in mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen behandelt sowie ca. 74 % in Hausmüllverbrennungsanlagen verbrannt.

Aufgrund ähnlicher Entsorgungswege werden zusätzlich zu diesen Stoffströmen die Sperrmüllmengen betrachtet. Im Jahr 2010 wurden 0,7 Mio. t durch öRE erfasst. Dies entspricht ca. 38 kg Sperrmüll pro Einwohner und Jahr. Davon wurden ca. 64 % mechanisch, ca. 1 % in mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen behandelt und ca. 35 % in Hausmüllverbrennungsanlagen bzw. Kraftwerke verbrannt. Für diese Studie wurden die Sperrmüllmengen dem Entsorgungspfad Müllverbrennung zugeordnet, obwohl einige Sperrmüllmengen nach Vorbehandlung in Altholzverbrennungsanlagen energetisch behandelt werden. Um den Energiegewinn in den MVA nicht zu hoch zu schätzen, wurden die niedrigeren Heizwerte von Hausmüll für den Sperrmüll in den späteren Rechnungen übernommen.

Die anfallenden Mengen an Hausmüll, hausmüllähnlichem Gewerbeabfall und Sperrmüll wurden in der folgenden **Abbildung 59** addiert. Insgesamt fielen in NRW in 2010 ca. 4,3 Mio. t an. Der Oberbergische und der Rheinisch-Bergische Kreis erfassen die Mengen zusammen im BAV (Bergischen Abfallverband). Hier sind keine Einzelwerte ausgewiesen, so dass die Mengen im Rheinisch-Bergischen Kreis mitbilanziert wurden.

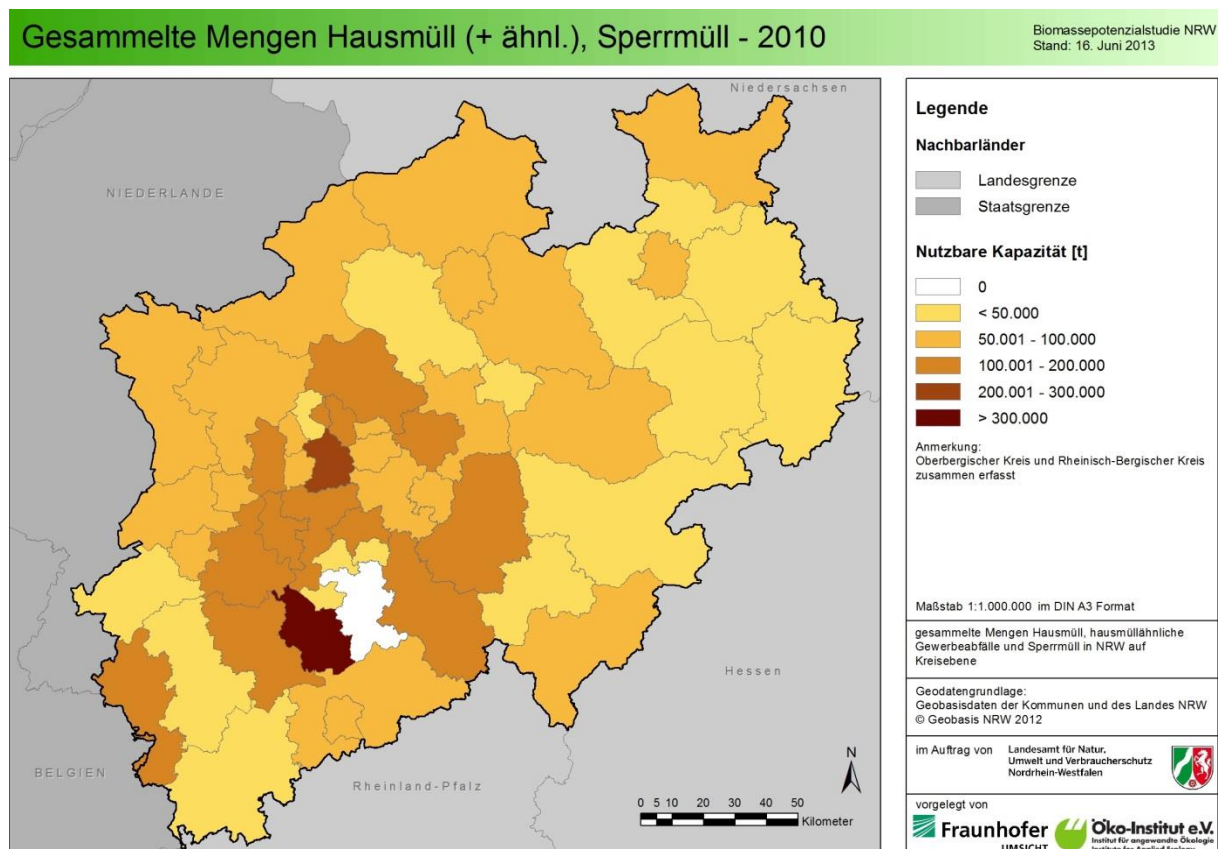


Abbildung 59: Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll – gesammelte Mengen in 2010

5.1.5.2 Mechanisch-biologische Behandlungsanlagen (MBA)

In NRW werden vier mechanisch-biologische Behandlungsanlagen (MBA) mit genehmigten Kapazitäten zwischen 100.000 und 160.000 t/a betrieben. Die mechanische Gesamtanlagenkapazität lag im Jahr 2010 bei 475.000 t/a, der Durchsatz bei 369.826 t. Die Anlagen stehen in Ennigerloh, Gescher, Hille und Münster.

Die mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen dienen zur Stoffstromtrennung in einen Abfallstrom, der später deponiefähig ist, in stofflich verwertbare Stoffströme (z.B. Metalle) und in Stoffströme, die später direkt in Müllverbrennungsanlagen verbrannt oder nach Aufbereitung als Ersatzbrennstoff eingesetzt werden können. Gemäß den Steckbriefen der Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung (ASA 2013) für die Jahre 2010 und 2011 weisen die Anlagen in Ennigerloh und Gescher keine Biogasproduktion aus. Die Anlagen in Münster und Hille (Pohlsche Heide) produzieren Biogas und verstromen über ein BHKW. Die erzeugten Strom- und Wärmemengen werden in den Steckbriefen nicht genannt und können daher in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt werden. Ein Teil der Energie wird zum Decken des Eigenbedarfs der Anlagen verwendet. Eine Abschätzung über die Größenordnung ist nicht möglich.

5.1.5.3 Müllverbrennungsanlagen und EBS-Kraftwerke

In NRW werden 16 Müllverbrennungsanlagen (MVA) betrieben. Die Anlagen verfügen über eine Jahreskapazität von rund 6,3 Mio. t¹⁵. Im Jahr 2010 wurden etwa 6,1 Mio. t¹⁶ durchgesetzt. In dieser Studie werden die von den öRE in NRW gesammelten Mengen in Höhe von 4,3 Mio. t betrachtet. Ca. 60 % der verbrannten Mengen werden von den öRE direkt, d.h. ohne Vorbehandlung, an die MVA angeliefert. In den Anlagen werden zusätzlich Gewerbeabfälle, die überwiegend aus NRW stammen, entsorgt. Darüber hinaus werden die Anlagen mit Abfall von außerhalb NRWs, der im Wesentlichen aus anderen Bundesländern stammt, ausgelastet. Insgesamt stammen also etwa 90 % der in den 16 Müllverbrennungsanlagen entsorgten Abfälle aus NRW (MKULNV 2011, IT.NRW. 2013).

Die Verbrennungsanlagen können aus dem erzeugten Dampf Prozessdampf, Fernwärme und/oder Strom produzieren (Kraft-Wärmekopplung). Prozessdampf z.B. für industrielle Prozesse, liegt auf einem anderen Temperatur- und Druckniveau als Fernwärme vor. Zum Teil wird Dampf in anderen Anlagen genutzt (z.B. Dampf der MVA Düsseldorf, Weisweiler, Bonn). Aufgrund von Abschätzungen von Betriebszeiten und zum Teil unterschiedlicher Datenquellen ergeben sich Unsicherheiten in den ermittelten Werten. Zum Teil produzieren die Anlagen je nach Marktbedarf mehr Strom, mehr Wärme oder mehr Dampf. Die Inputmengen der Anlagen hängen u.a. von den Heizwerten der Abfälle und den Betriebszeiten der Anlagen ab.

Die MVA in NRW produzierten im Jahr 2010¹⁷ ca. 2,4 TWh Strom und exportierten 4,7 TWh Wärme (inkl. Prozessdampf). Unter Berücksichtigung des biogenen Anteils von rund 50 % im Input der Müll-

¹⁵ Inkl. Verbrennungslinien für Gewerbeabfälle in RZR Herten II

¹⁶ Inkl. Durchsatz in RZR Herten II

¹⁷ Im Jahr 2011 lagen die Zahlen für die MVA bei 2,22 TWh produziertem Strom und 4,58 TWh exportierter Wärme (inkl. Prozessdampf) (Treder 2013).

verbrennungsanlagen beträgt der heute bereits produzierte Strom 1,2 TWh und die exportierte Wärme 2,4 TWh. Der zugeführte Abfall hatte im Jahr 2010 und 2011 einen Energiegehalt von ca. 17,2 TWh (62 PJ) (Treder 2013).

In Nordrhein-Westfalen wurden im Jahr 2010 zwei Ersatzbrennstoff/EBS-Kraftwerke mit einer Kapazität von rund 0,34 Mio. t/a betrieben. Ein neues Ersatzbrennstoff-Kraftwerk mit einer Kapazität von 26.500 t/a wurde Mitte des Jahres 2011 in Betrieb genommen – ist aber in dieser Studie (Basisjahr 2010) nicht berücksichtigt. Die größte Kapazität wird durch das EBS-Kraftwerk Knapsack in Hürth zur Verfügung gestellt (ca. 300.000 t/a). Hier wurden die Energiemengen über die Betreiberdaten hochgerechnet. Das Kraftwerk kann flexibel betrieben werden und produziert je nach Bedarf im Industriepark Prozessdampf, Wärme oder Strom. Das Heizkraftwerk Minden hat eine Kapazität von ca. 40.000 t/a. Die EBS-Kraftwerke erzeugten pro Jahr ca. 220 GWh Strom und 172 GWh Wärme.

Neben den EBS-Kraftwerken setzen in NRW einige Kohle- und Steinkohlekraftwerke sowie Zement- und Kalkwerke Abfälle ein. Inputstoffe sind vor allem kommunale Klärschlämme, Abfälle aus der Papierherstellung, aus Abfällen hergestellte und aufbereitete Brennstoffe sowie Tiermehl. Die Kohle- und Steinkohlekraftwerke haben im Jahr 2010 ca. 1,7 Mio. t und die Zement- und Kalkwerke ca. 0,56 Mio. t durchgesetzt.

5.1.6 Tierische Nebenprodukte und Speisereste

Der Biomasseaktionsplan NRW aus dem Jahr 2009 geht von ca. 400.000 t tierischen Nebenprodukten pro Jahr aus (MUNLV 2009). Im Jahr 2012 wurden von den Unternehmen, die Schlachtnebenprodukte der Kategorien 1 und 2 verarbeiten, ca. 67.000 t Schlachtabfälle aus NRW angenommen. Außerdem wurden ca. 76.000 t Falltiere (z.B. verstorbene landwirtschaftliche Nutztiere) als Material der Kategorie 1 und 2 aus NRW angenommen. Bei der Verarbeitung entstanden ca. 22.000 t Tiermehle der Kategorie 1 (LANUV 2013a). Die Einteilung in Kategorien folgt gemäß der EU-Verordnung Nr. 1774/2002 über tierische Nebenprodukte.

Das Tiermehl der Kategorien 1 und 2 aus NRW (ca. 22.000 t) kann nach Trocknung in MVA oder anderen Großkraftwerken mit verbrannt werden (LANUV 2013a) und ist damit zum Teil in den Energiemengen der MVA berücksichtigt (siehe Kapitel 5.1.5.3).

240.000 t der Schlachtnebenprodukte gehören zur Kategorie 3 (MUNLV 2009). Diese sind entweder genusstauglich, werden aber aus kommerziellen Gründen nicht für den menschlichen Verzehr verwendet, oder genussuntauglich, weisen aber keine Anzeichen für übertragbare Krankheiten auf.

Bei der Verarbeitung von Schlachtnebenprodukten der Kategorie 3 und Schlachtabfällen der Kategorie 1 und 2 entstehen Fette, die wiederum bei der Biodieselherstellung Verwendung finden können. Schlachtabfälle der Kategorie 3 können ebenso wie z.B. Speiseabfälle, die tierische Erzeugnisse enthalten, in bestimmten Biogasanlagen vergoren werden.

Eine Recherche in der Datenbank ENADA zeigt in NRW 25 Anlagen zur Behandlung von Speiseresten (Aufbereitung Fette/Speisereste). Bei einem Teil der Anlagen (9 Anlagen) fehlen Durchsätze und Kapazitätsangaben; bei den übrigen sind nutzbare Kapazitäten angegeben, die keine Aussage über die tatsächlich angenommenen Mengen erlauben. Es ist nicht bekannt, wie die Mengen verwertet werden (z.B. stoffliche Verwertung, Vergärung, Treibstoffherstellung), nur, dass alle erfassten Mengen behandelt werden. Daher kann hier keine realistische Aussage über die energetischen Potenziale gemacht werden.

5.1.7 Holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial

Explizit eigene Anlagen zur Behandlung von Landschaftspflegematerialien konnten nicht ermittelt werden. Diese Stoffströme (Grünschnitt, Holz) werden in den bestehenden Anlagen zur Biogaserzeugung und Holzverbrennung mit eingesetzt. Je nach ihrer Genehmigung und dem Annahmekatalog sind diese Anlagentypen in den land-, forst- oder abfallwirtschaftlichen Anlagen mit erfasst.

Im Bereich des Straßenbegleitgrüns verhält es sich ähnlich. Der Grünschnitt wird derzeit nicht erfasst, sondern verbleibt auf der Fläche, so dass hier auch keine Mengen für die Verwertung zur Verfügung stehen. Die Autobahnmeistereien Münster und Kamen haben eigene Anlagen zur Eigenverwertung des Straßenbegleitholzes im Rahmen von Modellvorhaben aufgebaut. Diese Anlagen werden auch weiterhin betrieben. Eine Übernahme dieser Modellvorhaben auf andere Autobahnmeistereien ist bislang nicht erfolgt. Das entnommene Holz wird als Stammholz oder als geschreddertes Hackgut verkauft. Das verbleibende Holz wird gehackt und in der Fläche verblasen (Straßen.NRW 2012a).

5.2 Methodik Potenzialberechnung Abfallwirtschaft

Die Berechnung der Potenziale (produzierbare Strom- bzw. Wärmemengen) wurden über Energiegehalte der Stoffströme und technikspezifische Wirkungsgrade durchgeführt. Die Wirkungsgrade sind in den folgenden Kapiteln entsprechend angegeben. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um einen direkten Raumbezug zu den entstehenden Mengen zu ermöglichen, der für eine regionalisierte Potenzialerhebung notwendig ist. Dies bedeutet nicht, dass die Energieumwandlung tatsächlich in diesem räumlichen Bezugssystem stattfindet bzw. dass produzierbare Strom- und insbesondere Wärmemengen tatsächlich genutzt werden. Eigenverbräuche wurden bei diesen Berechnungen nicht berücksichtigt. Eine Abschätzung dazu findet sich in **Tabelle 7** in Kapitel 2.4.

Als Bezugsjahr wurde für die Szenarien das Jahr 2025 verwendet.

5.2.1 Altholz

Grundlage für die Potenzialberechnung und die Szenarien bilden die in Kapitel 5.1.1 hergeleiteten Informationen. Für die verfügbaren Potenziale im Jahr 2020 gelten folgende Annahmen (Prognose 2008):

- Veränderung des Sperrmüllaufkommens unter Berücksichtigung der demografischen Entwicklung
- Veränderung der Altholzmengen aus Bau- und Abbruchabfällen unter Berücksichtigung der Baukonjunktur
- Aufkommen der Gewerbeabfälle und des resultierenden Altholzanteils unter Berücksichtigung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung
- Aufkommen an Sägeresthölzern und Industrierestholz unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Branchenentwicklung
- Nachfrage und Nutzung der Kleinf Feuerungsanlagen (1-100 kW_{th}) und Feuerungsanlagen mittlerer Leistung (100-5.000 kW_{th})

- Pelletmarkt unter Berücksichtigung der Anreizwirkungen durch Förderungsmaßnahmen
- Einschätzung der künftigen Verteilung der Altholzstoffströme auf stoffliche und energetische Nutzungsalternativen

Unter diesen Annahmen wird eine Verschiebung von Mengen aus der stofflichen Verwertung in die energetische Verwertung um fünf Prozentpunkte bei einer Verminderung der Gesamtholz mengen erwartet (Prognos 2008).

Die energetischen und thermischen Potenziale wurden basierend auf den Mengen, die für die energetische Verwertung bereitstehen, über den Heizwert (Annahme 3,6 kWh/kg), den thermischen Wirkungsgrad (Annahme 60 %) und den elektrischen Wirkungsgrad eines Dampfturbinenkraftprozesses (Annahme 25 %) berechnet. Die energetischen und thermischen Potenziale wurden für die heutigen Mengen (Szenario 1) und unter Berücksichtigung der oben aufgelisteten Annahmen im Jahr 2020 (Szenario 2) mit folgender Formel berechnet. Das Ergebnis aus Szenario 2 geht in der Zusammenfassung in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

$$\text{Energie}_{\text{elek/therm}} [\text{kWh}] = \text{Menge} [\text{t}] * \text{Heizwert} [\text{kWh/kg}] * \text{Faktor Wirkungsgrad} [-]$$

In einem weiteren Szenario wurde der Einfluss einer höheren Mengenabschöpfung durch Kreise und Kommunen, d.h. eine Verschiebung der Mengenerfassung von den privaten Unternehmen zu den öRE, berechnet (in Anlehnung an MKULNV 2013). Da sich hier allerdings energetisch keine Änderungen in den Potenzialen ergaben, wurde dieses Szenario nicht weiter betrachtet.

5.2.2 Klärschlamm

5.2.2.1 Kläranlagen

Die machbaren Strom- und Wärmepotenziale werden basierend auf den heutigen Klärgasmengen und der Nutzung in einem BHKW berechnet (Szenario 1). Es wird also angenommen, dass sämtliches heute anfallendes Klärgas energetisch in einem BHKW genutzt wird. Ein Eigenverbrauch bleibt unberücksichtigt. Wie die Aufstellung der Klärgasnutzung in Kapitel 5.1.2 zeigt, ist die Art der Energieumwandlung an den einzelnen Kläranlagenstandorten nicht nur auf das BHKW fokussiert. Es handelt sich hier also um eine theoretische Rechnung zur Potenzialabschätzung der Strom- und Wärmemengen. Folgende Annahmen werden für die Berechnungen getroffen (Senergie 2012, Nellenschulte 2003):

- Energieinhalt Klärgas: 6 kWh/m³
- Elektrischer Wirkungsgrad BHKW: 35 %
- Thermischer Wirkungsgrad BHKW: 55 %

$$\text{Energie}_{\text{elek/therm}} [\text{kWh}] = \text{Klärgasanfall} [\text{m}^3] * \text{Energieinhalt} [\text{kWh/m}^3] * \text{Faktor Wirkungsgrad} [-]$$

Weitere energetische Ausbaupotenziale könnten durch eine Nachrüstung der Kläranlagen mit Faultürmen und die damit verbundene Klärgasproduktion erreicht werden, die heute nicht über entsprechende anaerobe Behandlungsmöglichkeiten verfügen (Szenario 2). Derzeit sind 42 % der Anlagen mit einem Gasbehälter ausgestattet. Bei den übrigen Anlagen wird geprüft, ob diese ihre Klärschlämme in andere Abwasserbehandlungsanlagen abgeben, bzw. ob diese Anlagen eine ausreichende Größe für einen wirtschaftlichen Betrieb eines Blockheizkraftwerks aufweisen.

Beim Vergleich der abgegebenen und angenommenen Klärschlämme auf der aggregierten Gemeindeebene zeigt sich, dass alle Gemeinden, in denen Klärschlämme aus anderen Abwasserbehandlungsanlagen angenommen werden, über eine Klärgasnutzung verfügen. Daher wird angenommen, dass für diese Klärschlammengen bereits eine anaerobe Behandlung mit anschließender Klärgasnutzung besteht und somit die Potenziale über die annehmenden Abwasserbehandlungsanlagen bereits erfasst sind.

Für die Kläranlagen ohne eigene Faulgasnutzung und ohne Abgabe der Klärschlämme an andere Abwasserbehandlungsanlagen werden anlagenbezogen die angeschlossenen Einwohner, Einwohnergleichwerte und hieraus resultierend die Einwohnerwerte erhoben. Diese Daten werden dann auf Gemeindeebene aggregiert. Ab einer Ausbaugröße von 10.000 Einwohnerwerten (EW) kann der Wechsel zur anaeroben Klärschlammfäulung wirtschaftlich möglich sein (RePro 2013). Anlagenspezifisch sind die Wirtschaftlichkeit und auch die technische Umsetzbarkeit im Einzelfall zu prüfen. So ist z.B. in den Anlagen Leverkusen und Kaarst eine Fäulung technisch nicht möglich (Oberdörfer 2013). Für die Abschätzung zusätzlich erschließbarer Wärme- und Strompotenziale werden Gemeinden mit angeschlossenen Einwohnerwerten ab 10.000 EW betrachtet. In der Studie „Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen“ (UBA 2008) wurden u.a. auch Daten zum Faulgasanfall je Einwohnerwert erhoben. Dieser liegt laut Betreiberangaben und Literaturobahrungen zwischen 20 und 25 Liter/EW*d. Die Abschätzung der Potenziale erfolgt mit 20 Liter/EW*d. Die weiteren Annahmen bezüglich des Energiegehalts von Faulgasen und der Wirkungsgrade des BHKWs entsprechen den vorab beschriebenen. Anlagen, die 2010 (Jahr der Datengrundlage) saniert wurden oder zeitlich mit Gasbehältern ausgestattet wurden, werden in der Potenzialerhebung nicht berücksichtigt.

Die energetische Nutzung des anfallenden Klärgases entspricht den Klimaschutzzielen der NRW-Landesregierung. Darum geht das Ergebnis aus Szenario 2 in die Gesamtberechnung des NRW-Leitszenarios in Kapitel 6 ein.

5.2.2.2 Klärschlammverbrennungsanlagen

Die bei der Klärschlammverbrennung entstehenden Energiemengen werden überwiegend zur Eigenversorgung der Standorte verwendet. Sind die Kläranlagen standortgleich mit den Klärschlammverbrennungsanlagen (KVA), wird die Wärme z.B. zur Beheizung der Faultürme oder Trocknung der Klärschlämme genutzt. Stehen die KVA im Verbund mit einem Industriepark oder weiteren Kraftwerkstypen, wird der Dampf in entsprechende Dampfnetze eingespeist.

Ausbaupotenziale im Bereich der Klärschlammverbrennung werden durch Verschiebungen von Mengen bei den Verwertungswegen berechnet. Hierfür wurden folgende Annahmen getroffen:

Szenario 1:

Verringerung der in der Landwirtschaft ausgebrachten Mengen um 50 % - Keine stoffliche Verwertung im Landschaftsbau - Sonstige stoffliche Verwertung bleibt unverändert.

Szenario 2:

Verringerung der in der Landwirtschaft ausgebrachten Mengen um 90 % - Keine stoffliche Verwertung im Landschaftsbau - Sonstige stoffliche Verwertung bleibt unverändert.

Diese Szenarien berücksichtigen zum einen den sukzessiven Rückgang der landwirtschaftlichen Verwertung, wie z.B. vom Umweltbundesamt (UBA 2012b) empfohlen, und zum anderen den fehlenden ökologischen Vorteil bei der Verwertung im Landschaftsbau bei gleichzeitigen Nachteilen durch den Schadstoffeintrag (Fehrenbach 2006). Auch die NRW-Landesregierung setzt sich aus Umwelt-, Gesundheits- und Verbraucherschutzgründen für ein Beenden der Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft ein. Eine 100-%-ige Verringerung der Ausbringung wird in der Potenzialberechnung allerdings nicht betrachtet, da dies vermutlich nur über rechtliche Vorgaben machbar wäre. Für die stoffliche Verwertung im Landschaftsbau wird bei der Potenzialbetrachtung aber davon ausgegangen, dass sie nicht mehr stattfindet. Szenario 2 geht in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

Die Verschiebung der Mengen wird basierend auf den heutigen Mengen in **Tabelle 83** berechnet. Die Mengen aus der „Stofflichen Verwertung Landwirtschaft“ werden um 50 % bzw. 90 % reduziert und zu den Mengen „Sonstige Stoffliche Verwertung“ addiert. Dies sind dann die Mengen, die im Szenario noch stofflich verwertet werden. Zur Berechnung der verschobenen Mengen für die energetische Nutzung werden die noch stofflich zu verwertenden Mengen von den gesamt stofflich verwerteten Mengen („Stoffliche Verwertung gesamt“) abgezogen. In **Tabelle 88** ist eine Beispielrechnung aufgeführt.

Tabelle 88: Beispielrechnung (Szenario 1, PR Münster):

SV Landwirtschaft heute	SV Landwirtschaft S1 (50%)	SV Landschaftsbau heute	SV Landschaftsbau S1 (0%)	Sonstige SV heute und S1	SV gesamt heute	SV gesamt S1
23.293	11.647	1.705	0	3.137	28.135	14.784

Die Differenz zwischen der gesamten stofflichen Verwertung heute (SV gesamt heute) und der gesamten stofflichen Verwertung im Szenario 1 (SV gesamt S1) beträgt 13.351 t. Dies ist die Klärschlammmenge, die zukünftig nach Szenario 1 zusätzlich für die energetische Verwertung bereitgestellt werden könnte.

Die energetischen Potenziale der Klärschlammverbrennung werden mengen- und nicht anlagenbezogen erhoben. Somit werden bei der Potenzialbetrachtung die Strom- und Wärmepotenziale unabhängig von ihrer Nutzung (z.B. Dampfabgabe, Trocknung) und ihrem Einsatzort (Klärschlammverbrennung, Mitverbrennung) dargestellt.

Folgende Annahmen wurden für die Potenzialabschätzung getroffen (Kaltschmitt 2009 und UBA 2012b):

- Heizwert: 10.500 kJ/kg entsprechend 2,92 kWh/kg
- Elektrischer Wirkungsgrad: 25 %
- Thermischer Wirkungsgrad: 60 %

$$\text{Energie}_{\text{elek/therm}} [\text{kWh}] = \text{Menge} [\text{t}] * \text{Heizwert} [\text{kWh/kg}] * \text{Faktor Wirkungsgrad} [-]$$

Bei der Abschätzung wurde zunächst das bereits genutzte Potenzial basierend auf den in NRW für die energetische Nutzung zur Verfügung stehenden Mengen berechnet. Anschließend wurden die Szenarien 1 und 2 berechnet und somit das noch verfügbare Ausbaupotenzial ermittelt.

5.2.3 Deponiegas

Die bestehenden Standorte zur Deponiegasnutzung sind über das Genehmigungsrecht gut erfasst (z.B. in dem Informationssystem ADDISweb). Seit Juni 2005 dürfen in Deutschland keine biologisch abbaubaren Abfälle mehr abgelagert werden. Dies hat zur Folge, dass aus den neu abgelagerten Mengen kaum oder kein Methan mehr entsteht.

Die Entstehung von Methan hängt von unterschiedlichen Voraussetzungen in den Deponien ab und ist je nach Standort sehr unterschiedlich. Einflussfaktoren können bspw. die Einlagerungsmenge und der Zeitraum, der Feuchtegehalt des Abfalls und des Deponiekörpers oder der pH-Wert und der Temperaturbereich der Deponie sein (Stachowitz 2004). Wird eine Deponie geschlossen und abgedeckt, sinken in den ersten Monaten der Sauerstoff- und Stickstoffgehalt ab, während Wasserstoff und Kohlendioxid gebildet werden. Nach ca. einem Jahr werden vermehrt Kohlendioxid und Methan produziert. Diese Phase dauert 20 bis 30 Jahre (Stachowitz 2004). Danach sinkt das Gasbildungspotenzial im zeitlichen Verlauf ab. Dabei kann die Methankonzentration noch hoch sein, aber die erfassbaren Methanmengen sind gering. Am Ende sinkt der Methangehalt so weit ab, dass das entstehende Deponiegas als Schwachgas nicht mehr zur energetischen Verwertung geeignet ist. Eine Herausforderung bei der energetischen Gasverwertung (z.B. im BHKW oder HKW) sind zudem Schwankungen von Gasmenge und Methankonzentration.

Die Erfassung von Methan aus den bestehenden Deponien, in denen biologisch abbaubare Organik abgelagert wurde, ist aus Gründen des Klimaschutzes sehr wichtig. Methan entfaltet in der Atmosphäre im Vergleich zu Kohlendioxid eine 25-fach höhere Treibhausgaswirkung auf einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet (IPCC 2009). Abfallrechtliche Deponien müssen deswegen und wegen anderer schädlicher Wirkungen des Deponiegases über Gasfanganlagen verfügen. Die beste Option ist die energetische Verwertung des Methans, gefolgt vom Abfackeln oder von der Schwachgasbehandlung (z.B. mittels Regenerativer Thermischer Oxidation RTO). Ist die Methankonzentration zur energetischen Verwertung zu gering, kann Methan darüber hinaus in nahegelegenen anderen Anlagen mitverbrannt oder über Methanoxidationsschichten an der Oberfläche der Deponie abgebaut werden.

Der erzeugte Strom aus Deponiegas wird abhängig von der Anlagengröße nach den aktuellen Vergütungssätzen des EEG gefördert. Dadurch besteht ein hohes Eigeninteresse der Betreiber, alle verwertbaren Deponiegasmengen energetisch zu nutzen.

Nach Experteneinschätzung wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2020 nur ca. 35 % der Deponiegasmengen vorliegen (im Vergleich zum Basisjahr 2010). Im Jahr 2030 wird die Menge vorr. auf ca. 12 % absinken. Hierbei handelt es sich dann noch um Schwachgas, das aufgrund des zu geringen Methangehalts nicht mehr energetisch genutzt werden kann (Raedeker 2012). Es ist nicht davon auszugehen, dass sich durch technische Entwicklungen wesentlich längere Nutzungszeiträume bzw. deutlich höhere energetische Ausbeuten ergeben.

Ein weiterer Punkt, der für die energetische Nutzung entscheidend ist, ist die Größe der Motoren/Aggregate in den Block(heiz)kraftwerken. Die Motoren müssen klein genug dimensioniert sein, um die abnehmenden Deponiegasmengen in Zukunft noch verarbeiten zu können (Raedeker 2012).

5.2.4 Bio- und Grünabfälle

Es ist davon auszugehen, dass zukünftig zusätzliche Mengen an Bio- und Grünabfällen getrennt erfasst werden. Dies ist auch im Sinne der NRW-Landesziele zu sehen, die energetische Verwertung von Bio- und Grünabfällen in Form von Biogas auszuweiten (MKULNV 2013). Zur Abschätzung der zusätzlich abschöpfbaren Mengen wurden die Studie „Ressourcen- und Klimaschutz in der Siedlungsabfallwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen“ (MUNLV 2008), die Vorstudie zum sowie der Entwurf des neuen Abfallwirtschaftsplans für Siedlungsabfälle (MKULNV 2013) genutzt. In dem Entwurf werden Leit- und Zielwerte für Bio- und Grünabfälle auf Ebene der kreisfreien Städte und Kreise definiert (**Tabelle 90**). Weitere Berechnungen berücksichtigen die Möglichkeit der Umlenkung von Stoffströmen von Kompostierungsanlagen hin zu Vergärungsanlagen.

Zur Berechnung des energetischen Potenzials wurden Mittelwerte der produzierten Energiemengen pro Tonne Bioabfall und Grünabfall verwendet. Hier besteht eine Spannweite, da Vergärungsanlagen als Nass- und Trockenfermentation mit unterschiedlichen Wirkungsgraden ausgeführt werden können. Für diese Studie wurden die aktuellen Werte des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) zur Berechnung der EEG-Einspeisevergütung von Biogasanlagen verwendet (DBFZ 2011b). Hier liegen aktuelle Werte für Grünschnitt aus Garten- und Parkpflege sowie Landschaftspflegematerial/-gras mit jeweils 43 m³ Biomethan pro Tonne Input vor. Für Bioabfall (über eine Biotonne erfasste organische Abfälle) liegen in diesem DBFZ-Rechner keine Daten vor. Hierfür wurden die Werte des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) mit 73,8 m³ pro Tonne Bioabfall-Frischmasse verwendet (KTBL 2012)¹⁸. Damit werden bei einem Heizwert von 9,94 kWh/m³ Biomethan (IWR 2012a) ca. 427 kWh für Grünabfall und ca. 734 kWh für Bioabfall produziert. Mit einem durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrad von 38 % und einem thermischen Wirkungsgrad von 42 % werden folgende Energiemengen pro Tonne produziert (**Tabelle 89**):

Tabelle 89: Umrechnungsfaktoren Energieerträge Bio- und Grünabfall (Stand der Technik)

Stoffstrom	Energiegehalt [kWh/t]	Wirkungsgrad elektrisch [%]	Wirkungsgrad thermisch [%]	Stromoutput [kWh _e /t]	Wärmeoutput [kWh _{th} /t]
Bioabfall	734	38	42	279	308
Grünabfall	427	38	42	162	179
Durchschnitt Bio- und Grünabfall basierend auf der Mengenverteilung 2010; eigene Berechnung für Szenario 5				237	262

Szenario 1: Erhöhte Abschöpfung gemäß Prognose im Entwurf des Abfallwirtschaftsplans (Anlagensicht)

Die erhöhte Abschöpfung für dieses Szenario (Bezugsjahr 2010) wurde aus der Prognose im Entwurf des Abfallwirtschaftsplans übernommen (MKULNV 2013). Das Szenario 1 basiert auf den Prognosewerten, die u.a. die demografische Entwicklung (Rückgang der Bevölkerung in NRW von 17.854.154 auf 17.434.210 Einwohner in 2025) berücksichtigen.

¹⁸ Diese Werte decken sich mit der Spannweite von ca. 80 bis 140 m³ Biogas mit Methangehalten von 50 bis 65% pro Tonne Bioabfall (BMU 2012).

NRW wird in vier Cluster nach der Bevölkerungsdichte unterteilt. Für jedes Cluster wurden jeweils die Mittelwerte der im Jahr 2010 getrennt erfassten Bio- und Grünabfälle ermittelt (**Tabelle 90**).

Tabelle 90: Clustermittel- bzw. Prognosewerte und Zielwerte für Bio- und Grünabfälle

Cluster	Clustermittel- bzw. Prognosewert [kg/E*a]	Zielwert [kg/E*a]
≤ 500 E/km ²	135	180
> 500 – 1.000 E/km ²	122	160
> 1.000 – 2.000 E/km ²	96	140
> 2.000 E/km ²	53	90

Im Jahr 2010 wurden im Landesmittel 67 kg Bioabfall/Einwohner über die Biotonne und 37 kg Grünabfall/Einwohner im Wesentlichen über Bringsysteme getrennt erfasst.

Für die Zukunftsprognose für das Jahr 2025 werden Bio- und Grünabfälle zusammen unter organischen Abfällen betrachtet. Erreichen alle Kreise und kreisfreien Städte eines Clusters mindestens den jeweiligen Clustermittel- bzw. Prognosewert, ergibt sich eine Steigerung von rund 119.000 t (+ 6,4 % im Vergleich zum Jahr 2010).

Bei einer als konstant angenommenen Verteilung auf Vergärungs- und Kompostierungsanlagen würden die Energiemengen prozentual um die gleichen Werte steigen (+ 6,4 %). Hier wird ein entsprechender Zubau an Behandlungskapazitäten vorausgesetzt.

Es wird angenommen, dass die zusätzlich abgeschöpften Mengen zum Teil aus einer besseren Trennung in den Haushalten bzw. dem Hausmüll stammen. Daher würden die Mengen dem Entsorgungspfad der Müllverbrennung „entzogen“. Angesichts einer Kapazität von über 6 Mio. t Abfall pro Jahr, wird diese Menge (unter 2 %) bei den Müllverbrennungsanlagen nicht weiter berücksichtigt.

Szenario 2: Erhöhte Abschöpfung gemäß Zielwerten im Entwurf des Abfallwirtschaftsplans (Anlagensicht)

Dieses Szenario ist definiert wie das oben beschriebene Szenario 1, berechnet das Potenzial an Bio- und Grünabfällen aber gemäß der im Entwurf des neuen Abfallwirtschaftsplans für Siedlungsabfälle (MKULNV 2013) definierten Zielwerte (**Tabelle 90**).

Erreichen alle Kreise und kreisfreien Städte eines Clusters den jeweiligen Zielwert, ergibt sich eine Steigerung von rund 670.530 t (+ 36,2 % im Vergleich zum Jahr 2010). Auch in diesem Szenario würden bei einer als konstant angenommenen Verteilung auf Vergärungs- und Kompostierungsanlagen die Energiemengen prozentual um die gleichen Werte steigen. Es wird wiederum ein entsprechender Zubau an Behandlungskapazitäten vorausgesetzt.

Die zusätzlich abgeschöpften Mengen würden dem Entsorgungspfad der Müllverbrennung „entzogen“. Bei einer Kapazität der Müllverbrennungsanlagen von über 6 Mio. t Abfall pro Jahr würden Mengen in einer Größenordnung von etwa 11 % wegfallen. An dieser Stelle wird keine Prognose darüber abgegeben, ob die Energieerträge der MVAs dadurch zurückgehen, oder durch andere Stoffströme ausge-

glichen werden. Es wird auch keine Bewertung abgegeben, welche Entsorgungspfade zu bevorzugen sind.

Szenario 3: Verstärkte Umlenkung zur Vergärung (Anlagensicht)

In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2025 ca. 50 % der Bioabfallmengen in Vergärungsanlagen behandelt werden (MUNLV 2008). Es sind jedoch nicht alle Substrate für eine Vergärung geeignet – dies gilt insbesondere für Grünschnitt. Grünschnitt wird daher in diesem Szenario nicht weiter betrachtet.

Im Jahr 2010 wurden ca. 14 % aller Bio- und Grünabfälle vergoren. Hiermit wurden ca. 46 GWh Strom produziert und ca. 17 GWh Wärme extern genutzt (siehe Kapitel 5.1.4.2).

Es wird von einer prozentualen Steigerung der heutigen Energiemengen ausgegangen. Diese Abschätzung ist als konservativ anzusehen, da technische Fortschritte vermutlich zu höheren Biogas- und damit Energieausbeuten führen werden.

Da die Umlenkung der Mengenströme innerhalb des Bio- und Grünabfallsystems stattfindet, sind keine Mindermengen in den MVAs zu erwarten.

Szenario 4: Minimales Potenzial basierend auf erfassten Mengen auf Kreisebene (Mengensicht)

In diesem Szenario wurde der prozentuale Anteil der Abfälle, der vergoren wird (ca. 14 %), auf die Gesamtmenge an heute erfassten Bio- und Grünabfällen umgerechnet und mit durchschnittlichen Gaserträgen nach dem Stand der Technik multipliziert (siehe **Tabelle 89**). Das Ergebnis sind theoretisch produzierbare Strom- und Wärmemengen auf Kreisebene auf Basis heutiger Mengen. Ein Vergleich zu den drei ersten Szenarien ist nicht möglich, da dort als Bezug die real genutzten Wärmemengen aus den Anlagen abgefragt wurden. Daher ist diese Berechnung nur über die Energiegehalte der anfallenden Mengen und der daraus produzierbaren Energie möglich.

Szenario 5: Maximales Potenzial durch verstärkte Umlenkung zur Vergärung basierend auf den Zielwerten gemäß Entwurf des Abfallwirtschaftsplans (Mengensicht)

In diesem Szenario wird von einer Umlenkung von 50 % der Abfälle aus der Biotonne in Vergärungsanlagen ausgegangen, die bei Erreichen der Zielwerte (**Tabelle 90**) gemäß Entwurf des Abfallwirtschaftsplans theoretisch zur Verfügung stünden. Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass sich die prozentuale Verteilung der Bio- und Grünabfälle im Vergleich zum Basisjahr 2010 nicht ändert. Es wird demnach aus den Ergebnissen des Szenarios 4 ein durchschnittlicher Strom- und Wärmeertrag pro Tonne Bio- und Grünabfall errechnet, der die aktuelle prozentuale Verteilung von Bio- und Grünabfall berücksichtigt (**Tabelle 89**). Mit diesen Energieerträgen wird für 50 % der zukünftig nach Zielwerten zur Verfügung stehenden Mengen der Strom- und Wärmeertrag errechnet.

Mit dieser Methodik werden auf der einen Seite die potenziellen Energieerträge überschätzt, da mit steigender Abschöpfung von Bioabfällen über die Biotonne erfahrungsgemäß auch der Anteil an Grünabfall, der über die Biotonne (mit)entsorgt wird, steigt. Grünabfall hat einen geringeren Energieertrag als reiner Bioabfall. Auf der anderen Seite werden die potenziellen Energieerträge aber auch unterschätzt, da die aktuellen Energieerträge keine zukünftigen Effizienzsteigerungen von modernen Anlagen berücksichtigen. Ein Vergleich zu den drei ersten Szenarien ist nicht möglich, da dort als Bezug die genutzten Wärmemengen abgefragt wurden.

Die zusätzlich abgeschöpften Mengen werden dem Entsorgungspfad der Müllverbrennung „entzogen“. Es erfolgt keine Verrechnung der unterschiedlichen Entsorgungsoptionen und es wird keine Bewertung abgegeben, welche Entsorgungspfade zu bevorzugen sind.

Da dieses Szenario die Klimaschutzziele der Landesregierung – die Biogasnutzung aus Bio- und Grünabfällen auszuweiten - berücksichtigt, gehen die Ergebnisse in das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 ein.

5.2.5 Hausmüll/hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll

Für alle Szenarien wird davon ausgegangen, dass die biogenen Energieträger im Abfall einen Anteil von ca. 50 % an den produzierten Energiemengen abdecken (siehe Kapitel 5.1.5). Es wurden folgende Szenarien berechnet:

Szenario 1: Bevölkerungsentwicklung bis 2025 (Anlagensicht)

Die von den öRE erfassten Mengen an Hausmüll, hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen und Sperrmüll hängen u.a. von den Einwohnerzahlen ab. In der Prognose sinken diese von 17.845.154 im Jahr 2010 auf 17.434.210 bis zum Jahr 2025. Es ist davon auszugehen, dass die anfallenden Abfallmengen ebenfalls sinken, falls sich die Konsummuster nicht entscheidend ändern. Ein gegenläufiger Trend ergibt sich aus der Entwicklung der Haushaltsgrößen (mehr Fläche pro Person, weniger Personen pro Haushalt und daher erhöhtes Abfallaufkommen pro Person). Nach Zahlen des MKULNV wird von einem Mengenrückgang von 4,3 auf 4,1 Mio. t im Jahr 2025 ausgegangen.

Eine direkte Umrechnung auf die daraus produzierten Energiemengen ist nicht möglich, da in den Abfallverbrennungsanlagen auch Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen als privaten Haushalten entsorgt werden. Hier ist eine Einschätzung der Entwicklung kaum möglich, weswegen nur von marginalen Änderungen ausgegangen wird.

Szenario 2: Effizienzsteigerung bis 2025 (Anlagensicht)

Aufgrund der technischen Entwicklung und Energiepreisentwicklung wird von einer verbesserten Ausnutzung der Energiegehalte der Abfälle ausgegangen. Es wird angenommen, dass der Heizwert konstant bleibt.

In der Studie „Ressourcen- und Klimaschutz in der Siedlungsabfallwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen“ (MUNLV 2008) werden vier Szenarien gerechnet. Für die hier vorliegende Studie wurden aktuelle Schätzungen (Strom + 5 %, Wärme + 5 %) verwendet (Treder 2013). Effizienzverbesserungen können z.B. durch Erhöhung der Dampfparameter oder Turbinenverbesserung erreicht werden. Investitionen bei MVA zu höheren Energieerträgen erfolgen nur, falls dies wirtschaftlich ist, d.h. Abnehmer für Wärme und/oder Strom vorhanden sind. Problematisch sind hier u.a. die zurzeit niedrigen Börsenpreise für Strom, die Investitionen unsicher machen.

Szenario 3: Minimal-Szenario mit betrachteten Abfallmengen

Dieses Szenario wurde berechnet, um die theoretisch erzeugbaren Strom- und Wärmemengen aus anfallenden Abfallmengen (Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll) auf Kreisebene zur Verfügung zu stellen. Diese Mengen liegen kreisscharf vor.

Da in dieser Studie nicht alle Stoffströme betrachtet werden, die in den MVAs verbrannt werden, wurden die Energiezahlen bei der Potenzialberechnung auf Basis der betrachteten Stoffströme berechnet

(4,3 Millionen Tonnen verbrannter Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll von insgesamt 6,1 Millionen Tonnen verbrannter Abfälle). Dabei wurde zur Abschätzung von einem gleichen Heizwert der Fraktionen ausgegangen. Dies gilt auch für Szenario 4.

Die MVAs in NRW erzeugten im Jahr 2010 ca. 2,4 TWh Strom und exportierten 4,7 TWh Wärme (inkl. Prozessdampf). Der zugeführte Abfall hatte einen Energiegehalt von ca. 17,2 TWh (62 PJ) (Treder 2013). Damit liegt der elektrische Wirkungsgrad (erzeugter Strom) bei ca. 13,8 % und der thermische (exportierte Wärme) bei ca. 27,5 %. Bei einem Durchsatz von ca. 6,1 Mio. t (alle Abfälle) liegt der durchschnittliche Heizwert bei ca. 10,15 MJ/kg.

Szenario 4: Maximalszenario mit Effizienzsteigerung bis 2025 und betrachteten Abfallmengen

Diesem Szenario liegen die gleichen Annahmen wie dem Szenario 3 zugrunde. Zusätzlich wird angenommen, dass die Strom- und Wärmemengen durch Effizienzsteigerungen bis zum Jahr 2025 um jeweils 5 % steigen. Die Ergebnisse aus diesem Szenario gehen in das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 ein.

5.2.6 Tierische Nebenprodukte und Speisereste

Wie in Kapitel 5.1.6 beschrieben, sind die Potenziale der tierischen Nebenprodukte und Speisereste bereits in Nutzungspfaden gebunden. Die gewonnene Energie aus den Mengen, die in Müllverbrennungsanlagen behandelt werden, ist im Kapitel zum Hausmüll berücksichtigt. Mengen, die zu Biotreibstoffen verarbeitet werden, werden in dieser Studie nicht betrachtet.

Aufgrund fehlender Daten wird für diese Studie die Einschätzung des Biomasseaktionsplans übernommen, mit ca. 75 GWh/a Ausbaupotenzial durch Umlenkung von Stoffströmen. Bei dieser Annahme ist die Realisierungswahrscheinlichkeit berücksichtigt (MUNLV 2009).

5.2.7 Holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial

„Bei Landschaftspflegematerial handelt es sich um Materialien, die bei Maßnahmen anfallen, welche vorrangig und überwiegend den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Sinne des BNatSchG dienen, d.h. insbesondere dem Erhalt oder der Wiederherstellung der ökologischen, ästhetischen, erholungsbezogenen sowie kultur- und denkmalbezogenen Funktionen der Landschaft. Anbaubiomassen wie z.B. Mais, Raps oder Getreide zählen grundsätzlich nicht als Landschaftspflegematerial. Eine Auflistung der unter den Begriff „Landschaftspflege“ fallenden Fläche ist den Empfehlungen der Clearingstelle EEG zu entnehmen“ (DBFZ 2011).

Folgende Flächen kommen für die Gewinnung von Landschaftspflegematerial in Betracht (Clearingstelle EEG 2009):

- gesetzlich geschützte Biotope,
- besonders geschützte Natur- und Landschaftsteile,
- Vertragsnaturschutzflächen, Flächen aus Agrarumwelt- oder vergleichbaren Förderprogrammen,
- Flächen, auf denen die Bewirtschaftungsauflagen der o. a. Programme freiwillig eingehalten werden sowie

- Flächen, auf denen vegetationstechnische Pflegemaßnahmen durchgeführt werden, einschließlich des hierbei anfallenden Straßenbegleitgrüns/-holzes, kommunalen Grasschnitts, Grünschnitts aus der privaten und öffentlichen Garten- und Parkpflege sowie von Golf- und Sportplätzen und von Randstreifen von Gewässern.

Landschaftspflegematerial wird unterteilt in holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial. Landschaftspflegeholz fällt bei Pflegearbeiten, Baumschnittaktivitäten in der Land- und Gartenbauwirtschaft und/oder sonstigen landschaftspflegerischen oder gärtnerischen Maßnahmen an und ist im Allgemeinen als Energieträger zur thermo-chemischen Nutzung gut geeignet (Kaltschmitt 2009). Die Erhebung der Materialien aus der Landschaftspflege ist mit mehreren Unsicherheiten behaftet:

- Pflegeintervalle und Pflegeintensivität der Flächen
- Abgabe der geernteten Materialien als Grünabfall an Entsorgungsunternehmen (Risiko der Doppelerfassung mit Grünabfällen)
- Eigenkompostierung

Für die vorliegende Studie wurde entschieden, einen groben Grünanfall (Pfleagemasse) je nach Fläche zu ermitteln.

Im Qualitätsbericht „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung“ sind Bodenflächen nach Art ihrer tatsächlichen Nutzung gemeindefinanziert aufgeführt (DESTATIS 2010). Für die Erhebung der Landschaftspflegematerialien werden die Nutzarten „Grünanlage“ und „Friedhöfe“ ausgewertet und mit den mittleren, durchschnittlichen Jahreserträgen aus **Tabelle 91** (Holz 6 $t_{FM}/ha*a$, Halmgut 15 $t_{FM}/ha*a$) verrechnet. Hieraus ergeben sich die theoretischen Bestandsmengen an Holz und Halmgut aus dem Bereich der Landschaftspflege. Weiter wird ein Erschließungsfaktor von 50 % angenommen, da aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen Teile der Biomasse auf den Flächen verbleiben (DBFZ 2011a). Die sich aus diesen Randbedingungen ergebenden Mengen liegen der Berechnung der machbaren Potenziale für Strom und Wärme zugrunde.

Tabelle 91: Durchschnittliche Jahreserträge aus der Landschaftspflege (DBFZ 2011a)

Flächentyp	Holz [$t_{FM}/ha*a$]	Halmgut [$t_{FM}/ha*a$]	Quellen
Grünanlagen, Friedhöfe	4 - 8	10 - 20	(Kaltschmitt 2009)
Obstplantagen, Rebflächen	1 - 8	6 - 10	(BAST 2006)

Für die Berechnung eines zusätzlichen Ausbaupotenzials wird angenommen, dass der Erschließungsfaktor auf 75 % gesteigert werden kann. Diese Annahmen gehen ebenfalls in Kapitel 6 in die Berechnung des NRW-Leitszenarios ein.

Bei der Berechnung der energetischen und thermischen Potenziale wird angenommen, dass das Halmgut als Substrat in Biogasanlagen verwertet und das Holz als Brennstoff in kleineren Feuerungsanlagen eingesetzt wird.

Als Gasertrag der halmgutartigen Biomasse wird zur besseren Vergleichbarkeit mit den Erträgen aus dem Straßenbegleitgrün ein Wert von 150 m^3/t_{FM} angenommen mit einem durchschnittlichen Methan-gehalt des entstehenden Biogases von 55 %. Diese Werte entsprechen dem Gasertrag von Gras-

schnitt (BASt 2006). Die Berechnung der energetischen und thermischen Potenziale erfolgt mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 38 % und einem thermischen Wirkungsgrad von 42 %.

Der Heizwert für Hackschnitzel aus Landschaftspflegeholz wird mit 3 kWh/kg bei einem Wassergehalt von 35 % angenommen. Zur Berechnung der energetischen Potenziale werden der thermische Wirkungsgrad mit 70 % und der elektrische Wirkungsgrad mit 15 % angesetzt. Bei Anlagen im Leistungsbereich einiger MW liegt der elektrische Wirkungsgrad eines Dampfturbinenkraftprozesses zwischen 10 und 20 % (Kaltschmitt 2009).

In dieser Studie soll Straßenbegleitmaterial gesondert betrachtet werden, das durch Pflegemaßnahmen an kommunalen, Landes- oder Bundesstraßen und Autobahnen entsteht. Dies wird allerdings nicht aus landschaftspflegerischen Aspekten, sondern vor dem Hintergrund der Verkehrssicherheit bewirtschaftet. Das Material ist im Besitz unterschiedlicher Eigner (Kommunen/Kreise, Bundesland, Bund oder Straßenbetriebe). Diese schreiben die Pflegemaßnahmen oft aus, so dass das geerntete Material je nach Ausschreibung oft an das pflegende Unternehmen geht und damit dem Ausschreibenden nicht mehr zur Verfügung steht.

Das Gesamtstraßennetz Nordrhein-Westfalens hat eine Straßenlänge von 95.603 km. In **Tabelle 92** ist die Verteilung auf einzelne Straßentypen nach km sowie die Anteile am Gesamtnetz der BRD dargestellt. Diese Zusammenstellung zeigt, dass NRW einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Bundesautobahnen hat. Für diese sind die Autobahnmeistereien verantwortlich. Die überörtlichen Straßen (Bundes-, Kreis-, Landesstraße) werden von den Straßenmeistereien betreut. In Summe werden die rund 100.000 km von 84 Meistereien betreut. Den überwiegenden Straßenanteil in NRW bilden die Gemeindestraßen. Für deren Pflege sind die Kommunen selbst verantwortlich. Der Landesbetrieb Straßen.NRW betreut rund 2.200 km Autobahnen, 4.800 km Bundes-, 13.000 km Landes- und 1.000 km Kreisstraßen (Straßen.NRW 2010). Somit ist er für 60 % der Bundesautobahnen und 94 % der Bundesstraßen sowie nahezu für alle Landesstraßen in NRW verantwortlich.

Tabelle 92: Gesamtstraßennetz NRW (Quelle Straßenlängen: eigene Berechnungen)

Straßentyp	Straßenlänge in km	Anteil am Gesamtstraßennetz NRW [%]	Anteil am Straßentyp BRD¹⁹ [%]
Bundesautobahn	3.637	3,8	30
Bundesstraße	5.127	5,4	12
Gemeindestraße	63.983	66,9	16
Kreisstraße	9.808	10,3	11
Landesstraße	13.048	13,6	16
Summe	95.603	100	n.v.

Die Hauptaufgaben des Landesbetriebs Straßen.NRW liegen in den Bereichen Planung und Unterhaltung von Autobahnen, Bundes- und Landstraßen sowie dem Leiten von Verkehrsströmen. Die Grünpflege gehört neben der baulichen Unterhaltung, der Instandhaltung der Straßenausstattung, der

¹⁹ Quelle: (Bast 2006)

Straßenreinigung und dem Winterdienst in den Bereich der Unterhaltung. Der Hauptzweck der grün-pflegerischen Maßnahmen liegt dabei in der Erhaltung der Verkehrssicherheit. Die Biomasseerzeugung ist somit nur ein Koppelprodukt der Pflegemaßnahmen.

Der Landesbetrieb hat eine Analyse zu nachwachsenden Rohstoffen in seinem Aufgabenbereich durchgeführt. Da, wie oben beschrieben, dieser für einen überwiegenden Teil der Straßen verantwortlich ist, wird diese Analyse ergänzend zu Literaturwerten als Grundlage der Potenzialermittlung herangezogen. Die Daten beruhen auf Katasterdaten von Juni 2010 und Fernerkundungsdaten der Jahrgänge 2006 bis 2009 (Eilermann 2012b).

Die Straßenbegleitzone wurde in dieser Analyse untergliedert in eine Gras- und Gehölzzone. Für die Straßentypen Landesstraße, Bundesstraße und Bundesautobahn wurde eine detaillierte Erhebung zu Flächen- und Mengenanteilen der Strauch- und Gehölzzone zur Verfügung gestellt. Zur Ermittlung des theoretischen Potenzials wurden die Flurstücke im Zuständigkeitsbereich von Straßen.NRW betrachtet und nach den Zonentypen Gras-, Strauch- und Gehölzzone analysiert. Die Gehölzzone wurde qualitativ durch Übertragung terrestrischer Inventurdaten eingeordnet und es wurden Beziehungen zwischen Biomassevorrat, Baumhöhen und Baumdurchmessern ermittelt (Eilermann 2012b).

Werden die Flächen der Gehölzzone der unterschiedlichen Straßentypen auf die Streckenlängen bezogen, ergeben sich folgende durchschnittliche Umrechnungswerte.

Tabelle 93: Umrechnungswerte für Flächen mit Gehölzen der unterschiedlichen Straßentypen

Straßentyp	Durchschnittliche Umrechnungswerte ha/km
Bundesautobahn	2,6
Bundesstraße	0,4
Landesstraße	0,2

Da die Werte von Straßen.NRW an Beispielfällen für NRW erhoben wurden, wurden für die weiteren Berechnungen die in **Tabelle 93** angegebenen Werte herangezogen. Die Kennzahlen der Bundes- und Landesstraße stimmen mit gefundenen Literaturwerten gut überein (0,2 bis 0,4 ha/km (BAST 2006)). Die Flächen an den Autobahnen liegen allerdings wesentlich über den Literaturwerten (0,6 bis 0,8 ha/km).

Der durchschnittliche Vorrat in der Gehölzzone beträgt 160 m³/ha mit einem jährlichen Zuwachs von 8,8 m³/ha (Straßen.NRW 2012a). Dieser wird für die Berechnung des machbaren Potenzials herangezogen. Auch wenn im Rahmen einzelner Pflegemaßnahmen bei einer überbestockten Ausgangssituation deutlich mehr Gehölz entnommen werden kann, werden diese zur Potenzialermittlung nicht herangezogen. Diese Maßnahmen werden nur ca. alle 10 Jahre durchgeführt (Eilermann 2012a). Für diese Einzelfälle liegen beim Landesbetrieb Konzepte und Berechnungen für die dann anfallenden Entnahmemengen vor.

Zur Ermittlung der gemeindespezifischen Potenziale wurden die Straßenlängen der unterschiedlichen Straßentypen für die einzelnen Gemeinden über ein GIS erhoben. Für jede Gemeinde wurden die Straßentypen Bundesautobahn, Bundesstraße und Landesstraße mit den Flächenwerten und den Kennzahlen für Vorrat und Zuwachs verrechnet. Dies ist nur ein grober Ansatz zur Bestimmung der wahrscheinlichen theoretischen Potenziale, da die Flächengrößen pro Straßenkilometer stark variie-

ren. Die energetischen bzw. thermischen Potenziale wurden anschließend analog der Methodik zum Landschaftspflegeholz berechnet. Da die Umrechnung vom Volumen auf die Menge beim Straßenbegleitholz auf lufttrockenes (lutro) Holz erfolgt, wird hier abweichend zur Berechnung des Landschaftspflegeholzes ein Heizwert von 4,4 kWh/kg angenommen.

Zur Abschätzung des theoretischen Mengenpotenzials beim Grasschnitt der Straßenbegleitflächen wurden Werte von Straßen.NRW (Straßen.NRW 2012a) genutzt. Zur Berechnung der Energiepotenziale wurden Literaturwerte herangezogen. Die Grasschnittmengen bei Autobahnmeistereien liegen zwischen 16,5 und 24,7 t_{FM}/km und für Straßenmeistereien zwischen 6,2 und 6,3 t_{FM}/km (BASt 2006). Die Berechnungen wurden mit 20,6 t_{FM}/km für Bundesautobahnen und 6,3 bzw. 6,2 t_{FM}/km für Bundes- bzw. Landesstraßen durchgeführt. Die anschließende Ermittlung der energetischen Potenziale erfolgte analog dem Grasschnitt beim Landschaftspflegematerial.

5.3 Ergebnisse Biomassepotenziale Abfallwirtschaft

5.3.1 Altholz

Nachfolgend werden die Ergebnisse für die Entwicklung der Mengen bis 2020 und einer erhöhten Abschöpfung durch die öRE sowie die aus den Mengen resultierenden Strom- und Wärmepotenziale dargestellt.

Szenario 1: Potenziale auf Basis heutiger Mengen (Minimal-Szenario)

Die machbaren Strom- und Wärmepotenziale, die aus den heutigen Mengenpotenzialen generiert werden könnten, wurden nach der in Kapitel 5.2.1 beschriebenen Methodik berechnet und sind in **Tabelle 94** dargestellt.

Tabelle 94: Machbare Strom- und Wärmepotenziale aus Altholz

Planungsregion	Altholz für energetische Verwertung [t/a]	Machbares Strompotenzial [MWh/a]	Machbares Wärmepotenzial [MWh/a]
Münster	109.521	98.569	236.565
Detmold	140.339	126.305	303.132
Arnsberg	98.068	88.261	211.827
RVR	354.599	319.139	765.934
Düsseldorf	223.672	201.305	483.132
Köln	302.441	272.197	653.273
NRW	1.228.640	1.105.776	2.653.863

Der Vergleich des machbaren Strompotenzials (1.105.776 MWh/a) mit der Strombereitstellung aus den Kapazitäten der Altholzverbrennung (1.065.000 MWh/a; **Tabelle 82**) zeigt, dass bereits heute über 96 % des machbaren Potenzials genutzt werden. Eine genaue Berechnung der tatsächlich exportierten Wärmemengen ist nicht möglich. Von einigen Anlagen ist bekannt, dass der Dampf als Prozessdampf genutzt oder an ein benachbartes Kraftwerk abgegeben wird. Hier ist ein hoher Grad der Wärmenutzung, abhängig von den Nutzungsgraden der nachfolgenden Prozesse gegeben. In ande-

ren Fällen könnte eine höhere Nutzung der Wärme durch den Ausbau von Nah- oder Fernwärmenetzen erreicht werden. Eine genaue Bezifferung dieser noch nutzbaren Wärmemengen ist nur durch eine direkte Erhebung bei den Anlagenbetreibern möglich. Hier könnten Einzelfallbetrachtungen für die einzelnen Anlagenstandorte auch unter Berücksichtigung der Umgebung (Anzahl, Entfernung potenzieller Abnehmer) durchgeführt werden.

Die heute machbaren Strom- und Wärmemengen auf Kreisebene sind in **Abbildung 60** und **Abbildung 61** aufgeführt.

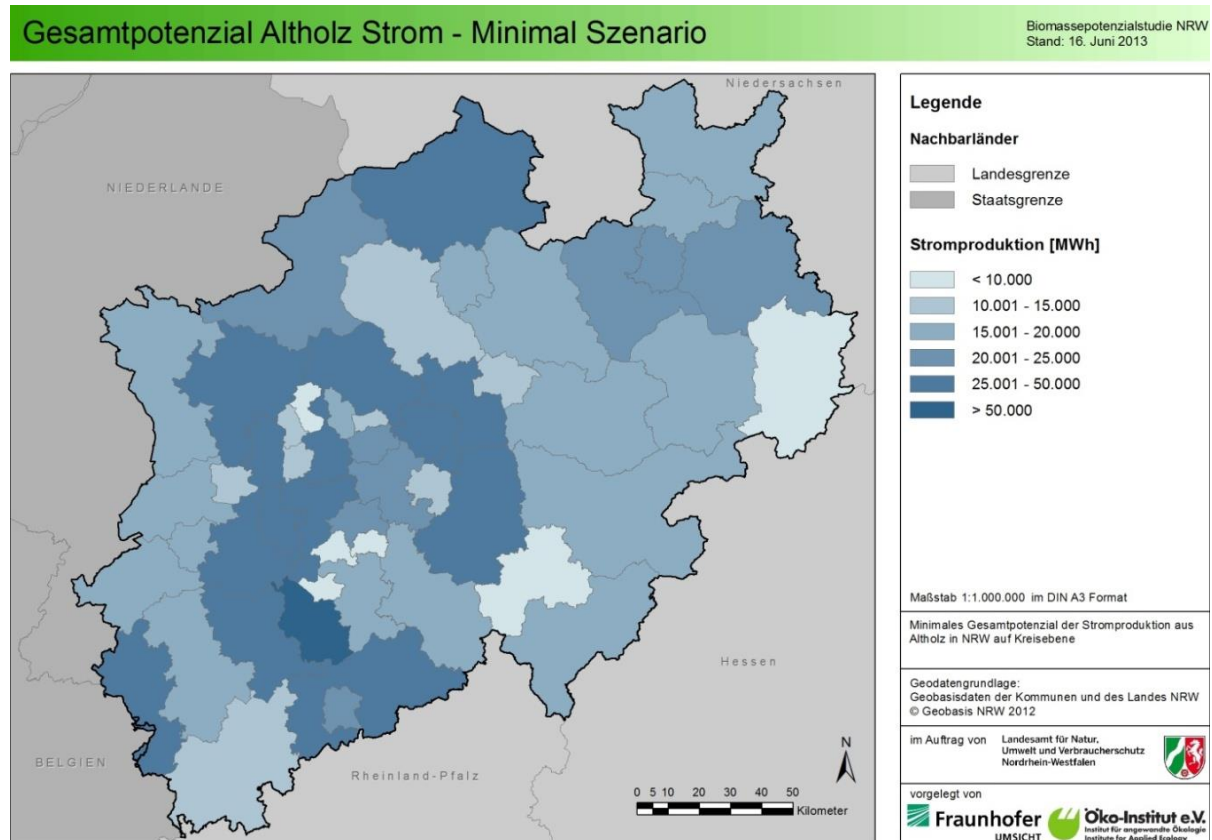


Abbildung 60: Minimale Strompotenziale aus Altholz je Kreis pro Jahr

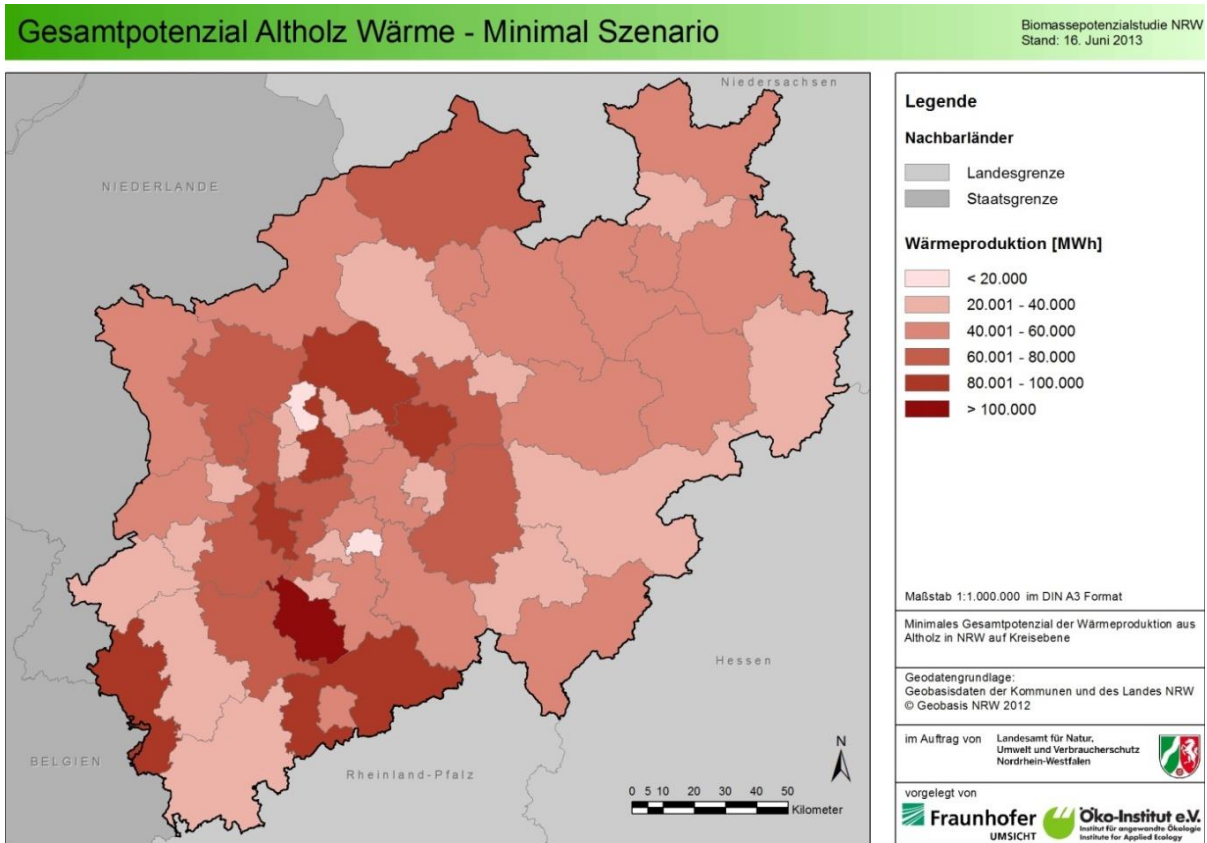


Abbildung 61: Minimale Wärmepotenziale aus Altholz je Kreis pro Jahr

Szenario 2: Potenziale 2020 (Maximal-Szenario)

Die Altholzmenge pro Einwohner und Jahr wird in NRW vorr. um ca. 4 % zurückgehen (Abnahme der Gesamtmenge von 1,5 auf 1,45 Mio. t), während der Altholz mengenanteil für die energetische Verwertung von 81 % auf 86 % Prozent steigt (Prognos 2008). Diese Berechnungen gehen in das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 ein. Unter diesen Annahmen ergibt sich das in **Tabelle 95** dargestellte Mengenszenario für die einzelnen Planungsregionen. Zum übersichtlichen Vergleich sind die heutigen Kapazitäten in der Altholzverbrennung den anfallenden Mengen gegenübergestellt.

Tabelle 95: Gesamtmengen und Mengen für die energetische Verwertung Altholz im Jahr 2020

Planungsregion	Gesamtmengen [t]	Mengen für energetische Verwertung [t]	Kapazität in der Altholzverbrennung [t]
Münster	132.101	113.607	110.000
Detmold	163.103	140.268	280.000
Arnsberg	110.887	95.363	340.000
RVR	403.088	346.656	575.000
Düsseldorf	261.435	224.834	0
Köln	364.076	313.106	0
NRW	1.434.690	1.233.834	1.305.000

Der direkte Vergleich zwischen den Kapazitäten der Altholzverbrennung und den theoretisch zur Verfügung stehenden Mengen zeigt wiederum, dass die Kapazitäten den Mengen nahezu entsprechen. Hier ist zu berücksichtigen, dass MVA-Kapazitäten, Exporte und Kapazitätsänderungen durch Heizwertschwankungen sowie Mitverbrennung von A I- und A II-Hölzern in Anlagen der Forstwirtschaft nicht in die Berechnung eingehen. Mit einer weiteren Erhöhung der energetischen Potenziale durch den Zubau zusätzlicher Kapazitäten wird nicht gerechnet. Weitere Wärmepotenziale könnten durch den Ausbau von Nah- oder Fernwärmenetzen erschlossen werden. Hier sind Einzelfallbetrachtungen zu den Anlagenstandorten notwendig. In **Tabelle 96** ist das machbare Strom- und Wärmepotenzial für die Altholzmengen im Jahr 2020 dargestellt.

Tabelle 96: Machbare Strom- und Wärmepotenziale aus Altholz im Jahr 2020

Planungsregion	Altholz für energetische Verwertung [t/a]	Machbares Strompotenzial 2020 [MWh/a]	Machbares Wärmepotenzial 2020 [MWh/a]
Münster	113.607	102.246	245.391
Detmold	140.268	126.241	302.979
Arnsberg	95.363	85.827	205.984
RVR	346.656	311.990	748.777
Düsseldorf	224.834	202.351	485.641
Köln	313.106	281.795	676.309
NRW	1.233.834	1.110.450	2.665.081

Insgesamt zeigt sich, dass die für das Jahr 2020 ermittelten potenziellen Strom- und Wärmemengen nur unwesentlich größer sein werden als die 2010 schon erzeugten Energiemengen. Es besteht in diesem Bereich also kaum ein Ausbaupotenzial der erzeugten Energie. Bezüglich der Energienutzung wäre der weitere Ausbau der Wärmenutzung an einzelnen Standorten zu prüfen.

Die Strom- und Wärmemengen auf Kreisebene sind in den nachfolgenden Karten aufgeführt.

Gesamtpotenzial Altholz Strom - Maximal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

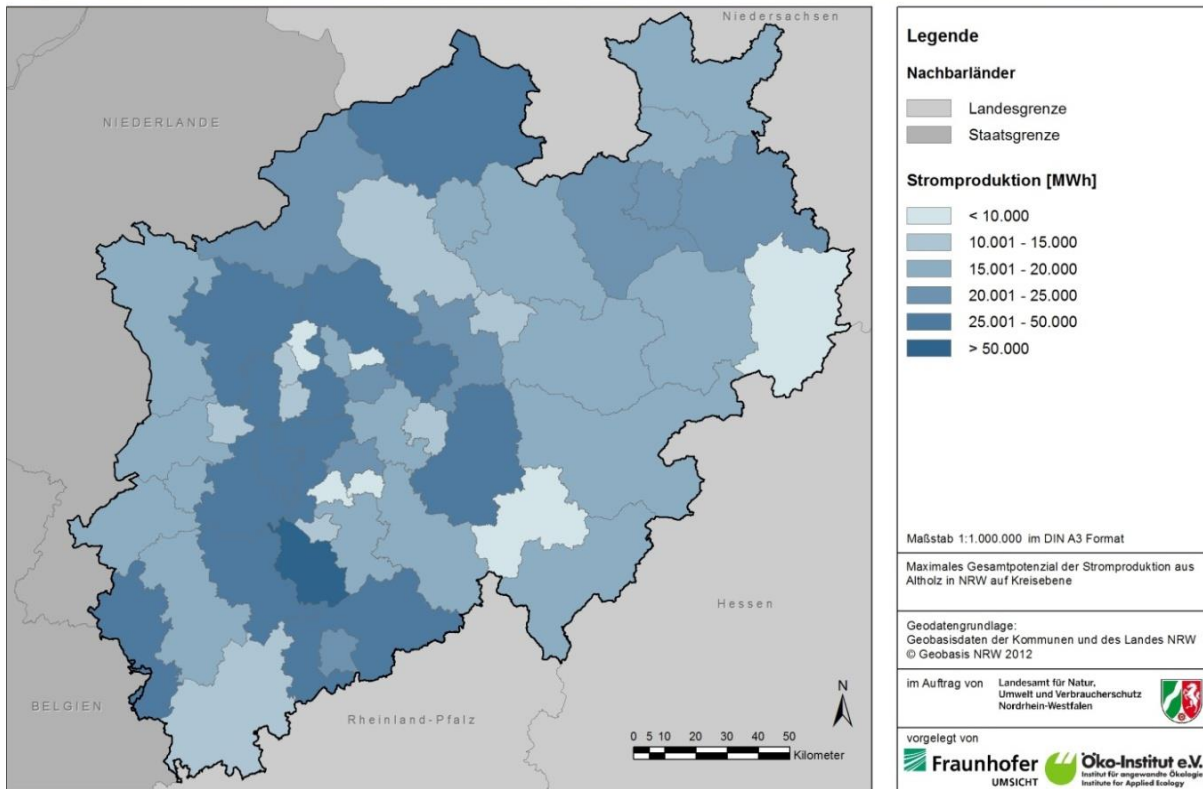


Abbildung 62: Maximale Strompotenziale Altholz je Kreis pro Jahr

Gesamtpotenzial Altholz Wärme - Maximal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

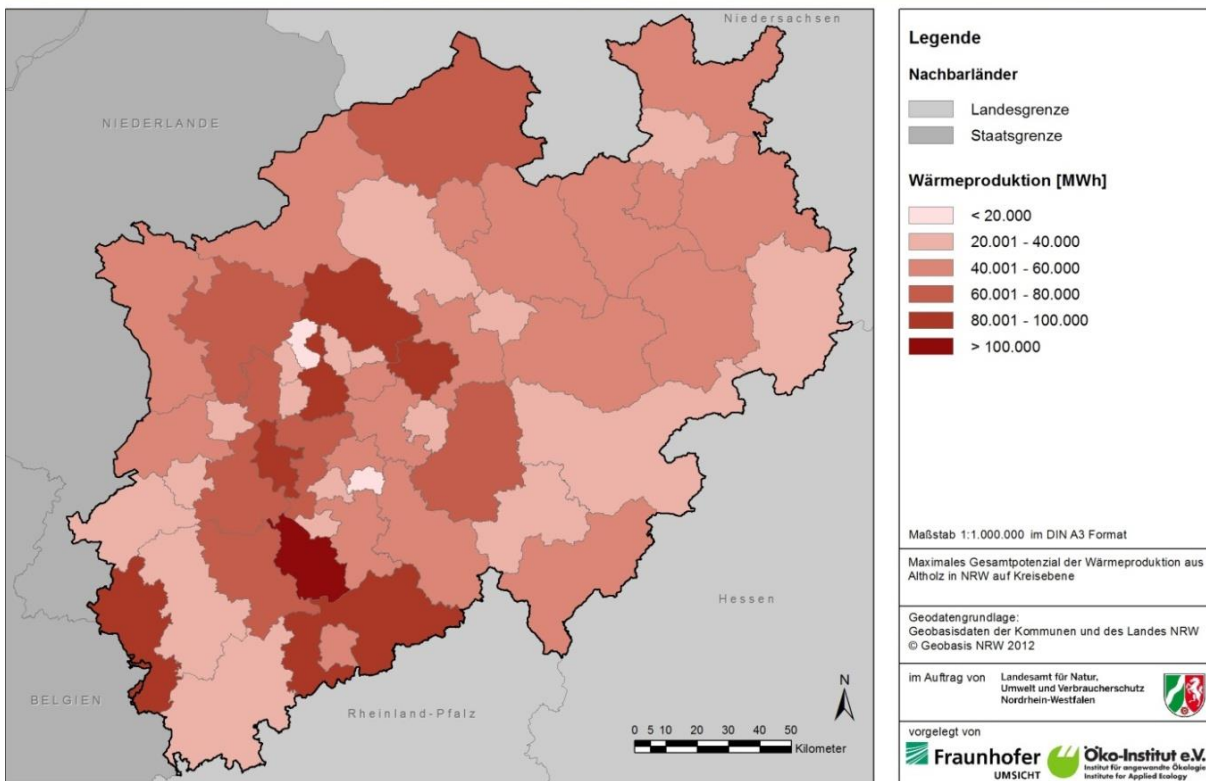


Abbildung 63: Maximale Wärmepotenziale Altholz je Kreis pro Jahr

5.3.2 Klärschlamm

5.3.2.1 Kläranlagen

Die machbaren Strom- und Wärmepotenziale (minimale Gesamtpotenziale) basierend auf den Klärgasmengen von 2010 wurden wie in Kapitel 5.2.2.1 beschrieben auf Gemeindeebene berechnet. In **Tabelle 97** sind diese auf der Ebene der Planungsregionen zusammengefasst.

Tabelle 97: Machbare Strom- und Wärmepotenziale aus Klärgas (Minimal-Szenario)

Planungsregion	Machbares Strompotenzial [MWh/a]	Machbares Wärmepotenzial [MWh/a]
Münster	35.605	55.950
Detmold	53.362	83.854
Arnsberg	30.910	48.573
RVR	128.577	202.050
Düsseldorf	93.841	147.464
Köln	91.111	143.174
NRW	433.406	681.065

Die Bereitstellung zusätzlicher Wärme- und Strompotenziale (Ausbaupotenzial) durch die Umstellung auf anaerobe Klärschlammfäulung mit anschließender Klärgasnutzung wurde mit der in Kapitel 5.2.2 beschriebenen Methodik auf Gemeindeebene berechnet. In Nordrhein-Westfalen ließen sich so maximal weitere Potenziale in Höhe von 18 GWh Strom und 29 GWh Wärme pro Jahr, entsprechend je 4,3 % der machbaren Potenziale an Strom und Wärme, zusätzlich erschließen. In **Tabelle 98** sind die zusätzlich verfügbaren machbaren Strom- und Wärmepotenziale (Maximal-Szenario) aufgeführt.

Tabelle 98: Ausbaupotenziale für Strom und Wärme aus Klärgas im Maximal-Szenario

Planungsregion	Machbares Ausbaupotenzial Strom [MWh/a]	Machbares Ausbaupotenzial Wärme [MWh/a]
Münster	4.432	6.964
Detmold	6.482	10.187
Arnsberg	3.235	5.084
RVR	497	780
Düsseldorf	1.608	2.527
Köln	2.167	3.405
NRW	18.421	28.947

Die minimalen (minimale Gesamtpotenziale) und maximalen (minimale Gesamtpotenziale + Ausbaupotenzial) Gesamtpotenziale sind in **Tabelle 99** dargestellt. Die maximalen Gesamtpotenziale gehen in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

Tabelle 99: Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale aus Klärgas

Planungsregion	Minimale Strompotenziale [MWh/a]	Minimale Wärmepotenziale [MWh/a]	Maximale Strompotenziale [MWh/a]	Maximale Wärmepotenziale [MWh/a]
Münster	35.605	55.950	40.037	62.914
Detmold	53.362	83.854	59.844	94.041
Arnsberg	30.910	48.573	34.145	53.657
RVR	128.577	202.050	129.074	202.830
Düsseldorf	93.841	147.464	95.449	149.991
Köln	91.111	143.174	93.278	146.579
NRW	433.406	681.065	451.827	710.012

5.3.2.2 Klärschlammverbrennung

Die theoretischen Strom- und Wärmepotenziale wurden basierend auf den heutigen Klärschlamm-mengen für die thermische Entsorgung von 2010 (**Tabelle 83**), wie in Kapitel 5.2.2.2 beschrieben, berechnet. In **Tabelle 100** sind diese Potenziale auf der Ebene der Planungsregionen zusammengefasst.

Tabelle 100: theoretische Strom- und Wärmepotenziale aus der Klärschlammverbrennung

Planungsregion	Mengen für thermische Entsorgung [t/a]	theoretische Strompotenziale [MWh/a]	theoretische Wärmepotenziale [MWh/a]
Münster	12.351	9.006	21.614
Detmold	17.318	12.628	30.307
Arnsberg	23.854	17.394	41.745
RVR	117.496	85.674	205.618
Düsseldorf	60.164	43.869	105.287
Köln	76.682	55.914	134.194
NRW	307.865	224.485	538.765

Verglichen mit den Strom- und Wärmemengen der heutigen Kapazitäten in Klärschlammverbrennungsanlagen (siehe **Tabelle 86**), sind die hier berechneten theoretischen Strom- und Wärmepotenziale höher. Dies liegt daran, dass mit den gesamten Klärschlamm-mengen für die thermische Entsorgung gerechnet wird. Rund ein Drittel der Mengen (108.000 t/a) werden jedoch in Kraftwerken mitverbrannt. Wird dies bei den Potenzialen in **Tabelle 100** berücksichtigt, ergeben sich für Klärschlammverbrennungsanlagen Potenziale in Höhe von 146 GWh Strom und 350 GWh Wärme pro Jahr. Diese liegen geringfügig unter den Werten der heute in Klärschlammverbrennungsanlagen produzierten Strom- und Wärmemengen (150 GWh/a Strom, 359 GWh/a Wärme), wobei diese Anlagen auch nicht-kommunale Klärschlämme einsetzen.

Die folgenden Tabellen zeigen die zusätzlichen Mengen-, Strom- und Wärmepotenziale (Ausbaupotenzial) der in 5.2.2.2 beschriebenen Szenarien 1 (Verringerung der Ausbringungsmengen in der LW um 50 %, keine stoffliche Verwertung im Landschaftsbau) und 2 (Verringerung der Ausbringungsmengen in der LW um 90 %, keine stoffliche Verwertung im Landschaftsbau).

Tabelle 101: Zusätzliche Mengen, verfügbare Strom- und Wärmepotenziale aus Klärschlamm (Szenario 1)

Planungsregion	Zusätzliche Mengen für thermische Entsorgung [t/a]	Ausbau Strompotenziale [MWh/a]	Ausbau Wärmepotenziale [MWh/a]
Münster	13.352	9.736	23.366
Detmold	15.388	11.220	26.929
Arnsberg	3.216	2.345	5.629
RVR	5.105	3.722	8.933
Düsseldorf	5.075	3.701	8.882
Köln	12.794	9.329	22.389
NRW	54.930	40.053	96.127

Tabelle 102: Zusätzliche Mengen, verfügbare Strom- und Wärmepotenziale aus Klärschlamm (Szenario 2)

Planungsregion	Zusätzliche Mengen für thermische Entsorgung [t/a]	Ausbau Strompotenziale [MWh/a]	Ausbau Wärmepotenziale [MWh/a]
Münster	22.669	16.530	39.671
Detmold	26.227	19.124	45.898
Arnsberg	5.083	3.706	8.894
RVR	9.189	6.700	16.080
Düsseldorf	8.044	5.865	14.077
Köln	19.592	14.286	34.286
NRW	90.804	66.211	158.906

Die minimalen (basierend auf heutigen Mengen) und maximalen Potenziale (zusätzliche Mengen aus Szenario 2) sind in **Tabelle 103** dargestellt.

Tabelle 103: Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale aus Klärschlammverbrennungsanlagen

Planungsregion	Minimale Strompotenziale [MWh/a]	Minimale Wärmepotenziale [MWh/a]	Maximale Strompotenziale [MWh/a]	Maximale Wärmepotenziale [MWh/a]
Münster	9.006	21.614	25.536	61.285
Detmold	12.628	30.307	31.752	76.205
Arnsberg	17.394	41.745	21.100	50.639
RVR	85.674	205.618	92.374	221.698
Düsseldorf	43.869	105.287	49.734	119.364
Köln	55.914	134.194	70.200	168.480
NRW	224.485	538.765	290.696	697.671

In **Tabelle 104** und den folgenden Abbildungen sind die minimalen und maximalen Strom- und Wärmepotenziale des Bereichs „Kläranlagen“ dargestellt. D.h. hier sind die jeweiligen Potenziale der Klärgasnutzung und der Klärschlammverbrennung aufsummiert. In das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 gehen die maximalen Potenziale ein.

Tabelle 104: Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale Kläranlagen gesamt

Planungsregion	Minimale Strompotenziale [MWh/a]	Minimale Wärmepotenziale [MWh/a]	Maximale Strompotenziale [MWh/a]	Maximale Wärmepotenziale [MWh/a]
Münster	44.611	77.564	65.573	124.199
Detmold	65.990	114.161	91.596	170.246
Arnsberg	48.304	90.318	55.245	104.296
RVR	214.251	407.668	221.448	424.528
Düsseldorf	137.710	252.751	145.183	269.355
Köln	147.025	277.368	163.478	315.059
NRW	657.891	1.219.830	742.523	1.407.683

Gesamtpotenzial Kläranlagen Strom - Minimal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

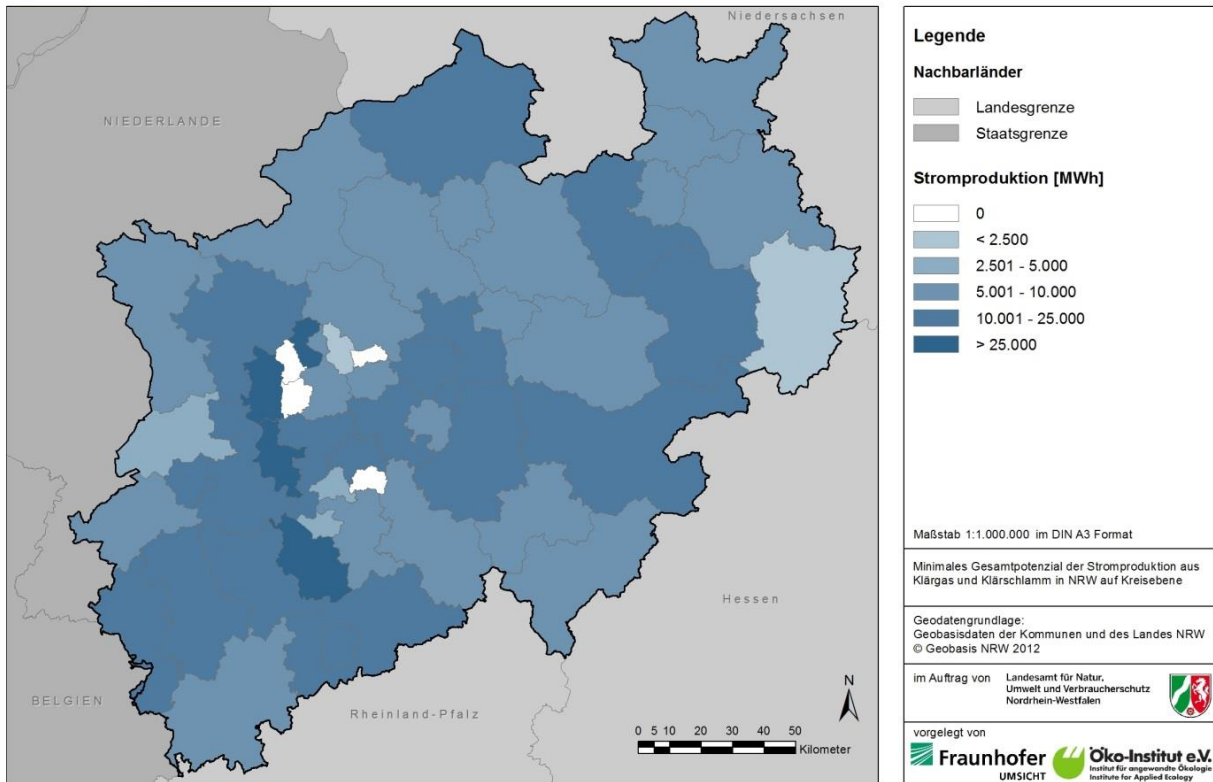


Abbildung 64: Minimale Strompotenziale aus Kläranlagen je Kreis pro Jahr

Gesamtpotenzial Kläranlagen Wärme - Minimal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

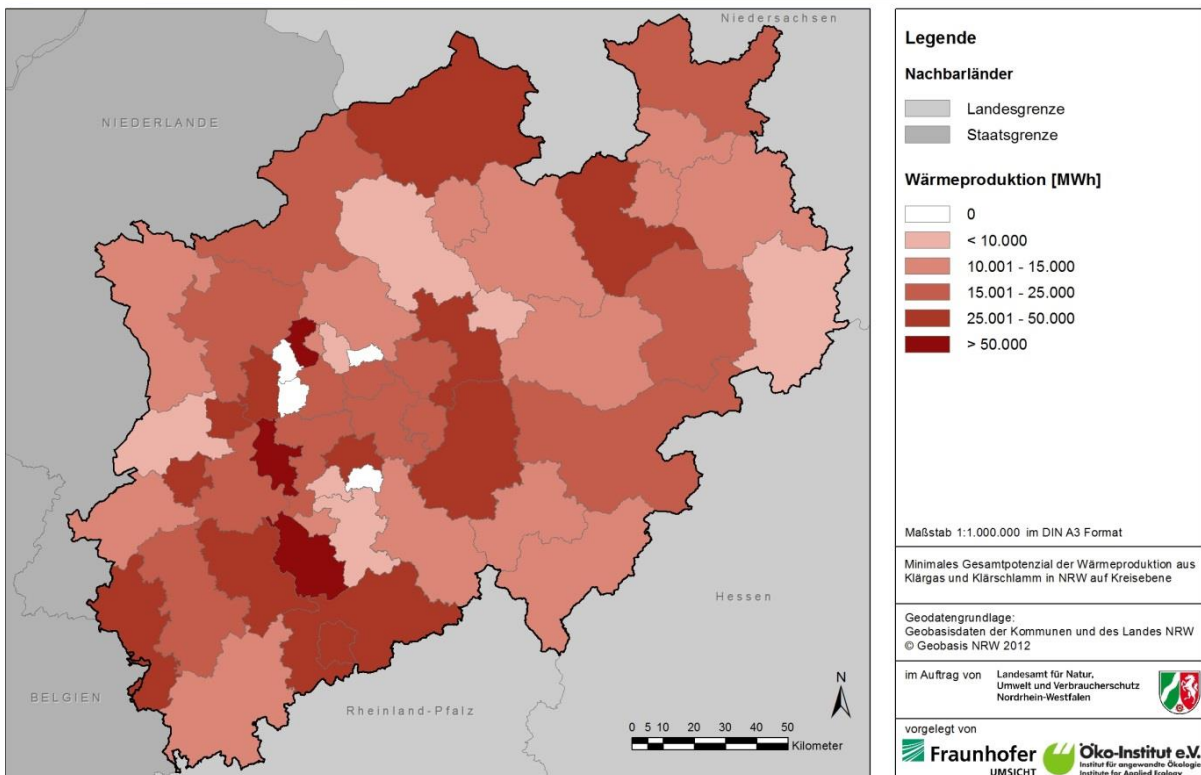
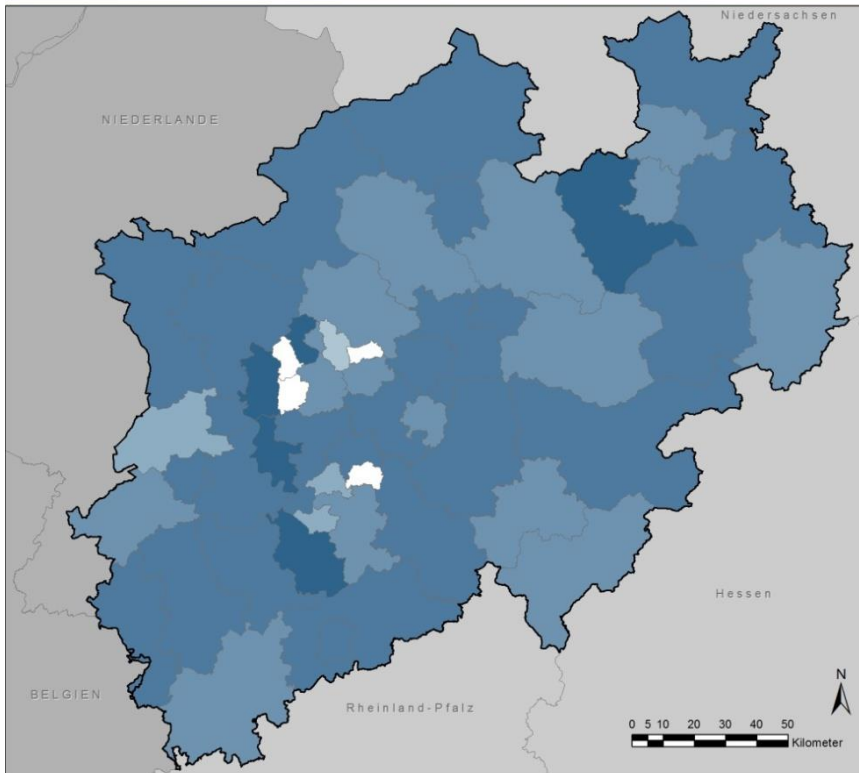


Abbildung 65: Minimale Wärmepotenziale aus Kläranlagen je Kreis pro Jahr

Gesamtpotenzial Kläranlagen Strom - Maximal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013



Legende

Nachbarländer

- Landesgrenze
- Staatsgrenze

Stromproduktion [MWh]

- 0
- < 2.500
- 2.501 - 5.000
- 5.001 - 10.000
- 10.001 - 25.000
- > 25.000

Maßstab 1:1.000.000 im DIN A3 Format

Maximales Gesamtpotenzial der Stromproduktion aus Klärgas und Klärschlamm in NRW auf Kreisebene

Geodatengrundlage:
Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW
© Geobasis NRW 2012

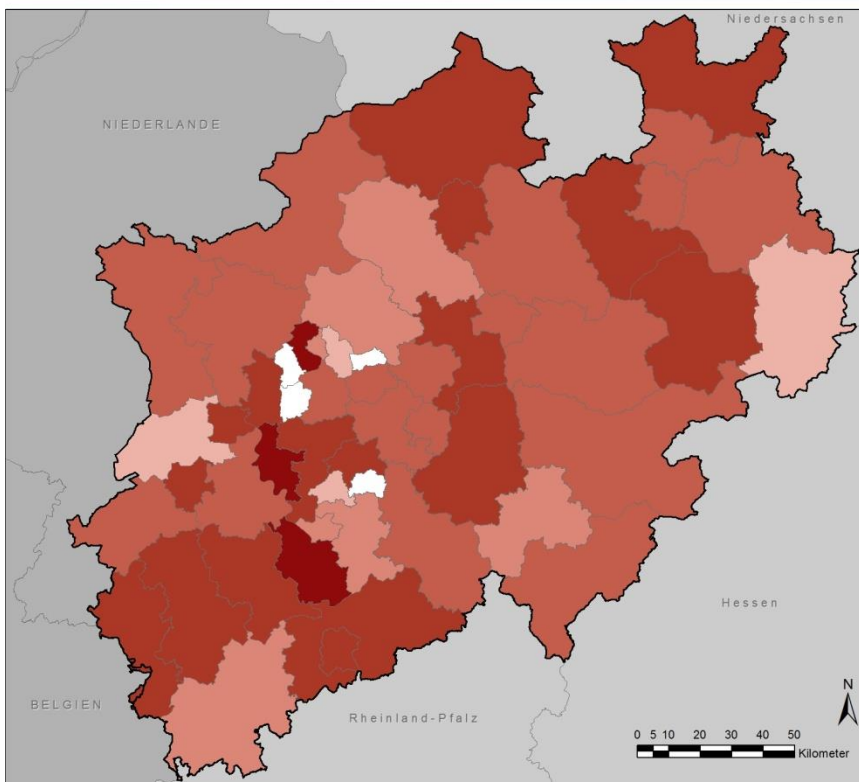
im Auftrag von Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

vorgelegt von Fraunhofer UMSICHT and Öko-Institut e.V. Institut für angewandte Ökologie Institute for Applied Ecology

Abbildung 66: Maximale Strompotenziale aus Kläranlagen je Kreis pro Jahr

Gesamtpotenzial Kläranlagen Wärme - Maximales Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013



Legende

Nachbarländer

- Landesgrenze
- Staatsgrenze

Wärmeproduktion [MWh]

- 0
- 1 - 10.000
- 10.001 - 15.000
- 15.001 - 25.000
- 25.001 - 50.000
- > 50.000

Maßstab 1:1.000.000 im DIN A3 Format

Maximales Gesamtpotenzial der Wärmeproduktion aus Klärgas und Klärschlamm in NRW auf Kreisebene

Geodatengrundlage:
Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW
© Geobasis NRW 2012

im Auftrag von Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

vorgelegt von Fraunhofer UMSICHT and Öko-Institut e.V. Institut für angewandte Ökologie Institute for Applied Ecology

Abbildung 67: Maximale Wärmepotenziale aus Kläranlagen je Kreis pro Jahr

5.3.3 Deponiegas

Deponiegase werden perspektivisch nicht mehr zur Verfügung stehen (sich also nicht erneuern). Alle seit 2005 neu abgelagerten Abfälle müssen vorbehandelt sein und können daher kaum bzw. kein Deponiegas mehr erzeugen. Die Situation im Jahr 2010 bildet damit die Maximaldeponiegasfördermenge ab (143 Mio. m³, davon 129,5 Mio. m³ energetisch genutzt (**Tabelle 87**)).

Eine andere Quelle zeigt, dass auch Hausmülldeponien, die bis zum Jahr 2005 Abfälle angenommen haben, weniger Deponiegase produzieren als erwartet. Ursachen könnten vor allem die im Abschlusszeitraum oft stark veränderten Abfallzusammensetzungen und der durch Deponieabdeckungen verringerte Wassereintrag sein (Lippross 2012).

Es wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2020 noch ca. 35 % der Gasmenge zur Verfügung stehen und im Jahr 2030 gar keine Mengen, die energetisch nutzbar wären (Methangehalt zu niedrig) (Radeker 2012). Die Annahmen zur Gasverwertung (Wirkungsgrad, Heizwert) für 2020 und 2030 entsprechen den Annahmen für das Jahr 2010 (Kapitel 5.1.3).

Im Jahr 2020 werden eine Strommenge von ca. 89 GWh/a und eine Wärmemenge von ca. 88 GWh/a erwartet. Diese Mengen werden als Szenario für die maximalen Strom- und Wärmemengen angesetzt und gehen auch in die Berechnungen zum NRW-Leitszenario in Kapitel 6 ein. Im Jahr 2030 werden nur noch geringe bis gar keine energetisch nutzbaren Deponiegasmengen erwartet.

5.3.4 Bio- und Grünabfälle

Szenario 1: Erhöhte Abschöpfung gemäß Prognose im Entwurf des Abfallwirtschaftsplans (Anlagensicht)

In diesem Szenario wird von einer Steigerung der Mengen um 6,4 % ausgegangen. Bei einer als konstant angenommenen Verteilung (wie im Jahr 2010) auf Vergärungs- und Kompostierungsanlagen steigen die Energiemengen prozentual um die gleichen Werte (+ 6,4 %), d.h. von 46 GWh/a produzierbarem Strom auf ca. 49 GWh/a und bei exportierter Wärme von ca. 17 auf ca. 18 GWh/a. Dadurch würden dem bisherigen Entsorgungspfad (den Müllverbrennungsanlagen) Mengen in der Größenordnung von etwa 119.000 t entzogen. Bei einer Kapazität der MVAs von über 6 Mio. t Abfall pro Jahr, entspricht die „entgangene“ Menge weniger als 2 % des Durchsatzes und wird nicht weiter berücksichtigt.

Szenario 2: Erhöhte Abschöpfung gemäß Zielwerten im Entwurf des Abfallwirtschaftsplans (Anlagensicht)

Bei der Annahme, dass die Zielwerte aus dem Entwurf des Abfallwirtschaftsplans (MKULNV 2013) erreicht werden, würden die Mengen an Bio- und Grünabfällen in diesem Szenario um 36,2 % steigen. Bei einer als konstant angenommenen Verteilung (wie im Jahr 2010) auf Vergärungs- und Kompostierungsanlagen stiegen die Energiemengen prozentual um die gleichen Werte (+ 36,2 %), d.h. von 46 GWh/a produzierbarem Strom auf ca. 63 GWh/a und bei exportierter Wärme von ca. 17 auf ca. 23 GWh/a. Die zusätzlich abgeschöpften Mengen (670.530 t entsprechen einer Zunahme von 36,2 % im Vergleich zum Jahr 2010) würden dem Entsorgungspfad der Müllverbrennung entzogen. Bei einer Kapazität der Müllverbrennungsanlagen von über 6 Mio.t Abfall pro Jahr entspricht dies einer Größenordnung von etwa 11 %. An dieser Stelle wird keine Prognose darüber abgegeben, ob die Energieer-

träge in den MVAs dadurch zurückgehen, oder durch andere Stoffströme ausgeglichen werden. Es wird auch keine Bewertung abgegeben, welche Entsorgungspfade zu bevorzugen sind.

Szenario 3: Verstärkte Umlenkung zur Vergärung (Anlagensicht)

Im Jahr 2010 wurden ca. 14 % der Bioabfälle vergoren (Menge von ca. 269.000 t). Bei einer Erhöhung von den bestehenden 14 % auf 50 % und vergleichbaren Energieerträgen wie im Jahr 2010 würden sich die Energiemengen wie folgt entwickeln:

- Steigerung der produzierbaren Strommenge von 46 GWh/a auf 164 GWh/a
- Steigerung der exportierbaren Wärmemenge von 17 GWh/a auf 61 GWh/a

Hierzu wäre ein Neubau bzw. eine Erweiterung bestehender Anlagen um Vergärungseinrichtungen nötig.

Szenario 4: Minimales Potenzial basierend auf heutiger Abschöpfung (Mengensicht)

Dieses Szenario berechnet theoretisch produzierbare Strom- und Wärmemengen auf Ebene der Kreise und Planungsregionen auf Grundlage der heutigen Mengen und Anlagen nach Stand der Technik. Die Strompotenziale liegen in diesem Szenario demnach bei ca. 61,5 GWh/a und die Wärmepotenziale bei ca. 68 GWh/a (**Tabelle 105**). Diese Potenziale sind stromseitig bereits zu 75 %, wärmeseitig erst zu 25 % erschlossen (siehe Kapitel 5.1.4.2 zu bestehenden Kompost- und Vergärungsanlagen). Bei der Interpretation muss allerdings der Eigenstrom- und -wärmebedarf der Anlagen berücksichtigt werden (siehe Kapitel 2.4). **Abbildung 68** und **Abbildung 69** zeigen das Ergebnis auf Kreisebene, **Tabelle 105** auf Planungsregionenebene.

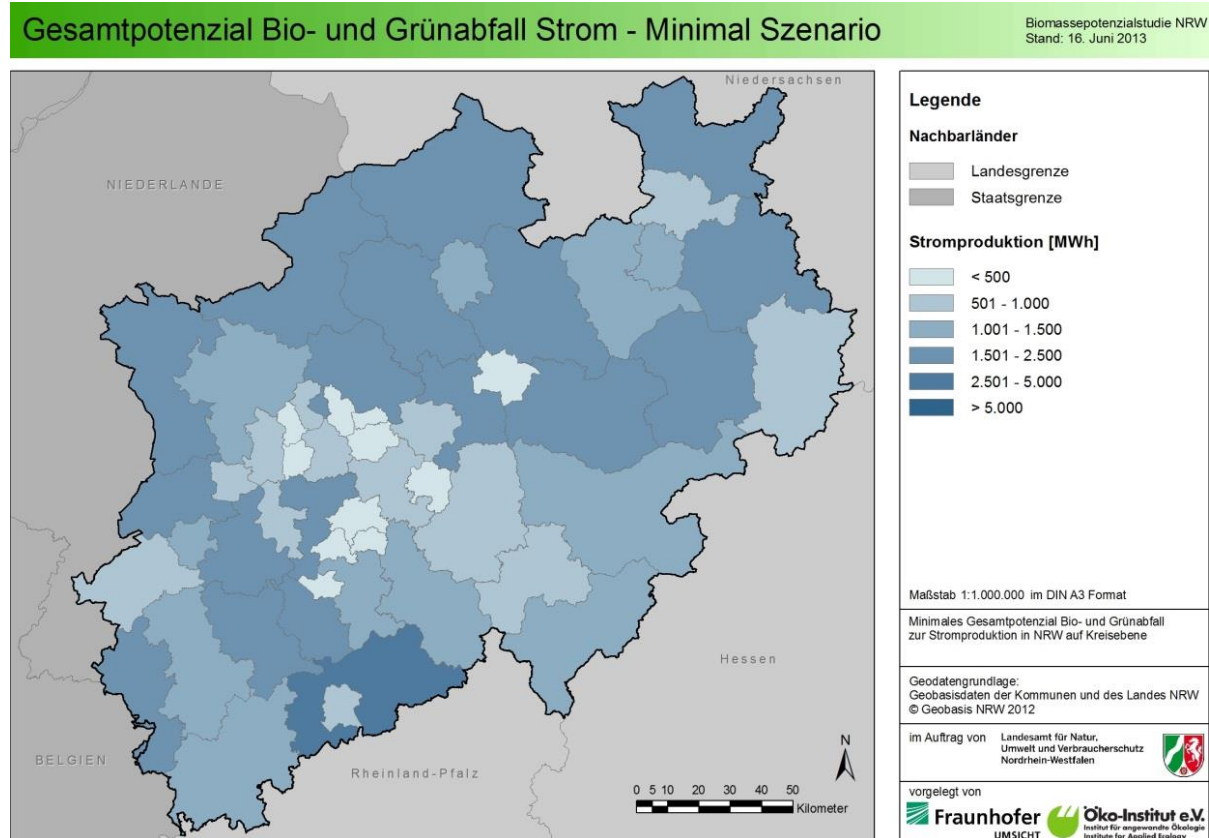


Abbildung 68: Minimale Strompotenziale aus Bio- und Grünabfall je Kreis nach Abfallmengen pro Jahr

Gesamtpotenzial Bio- und Grünabfall Wärme - Minimal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

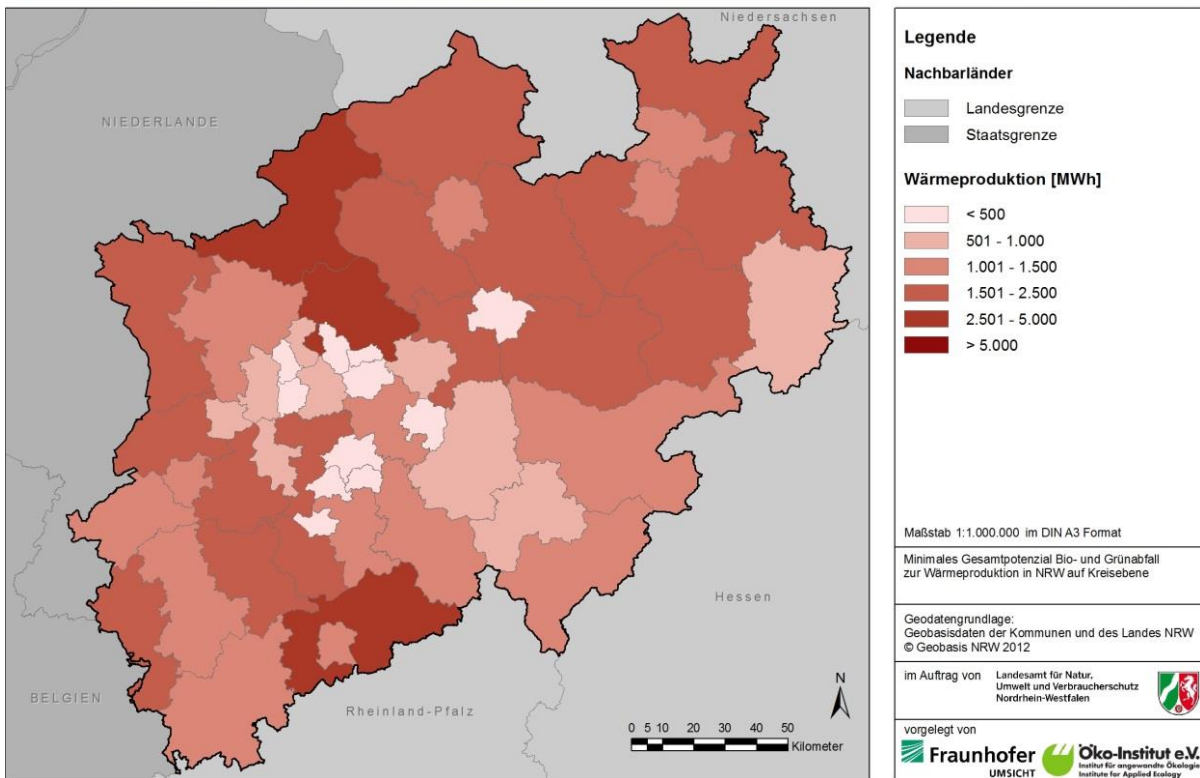


Abbildung 69: Minimale Wärmepotenziale aus Bio- und Grünabfall je Kreis nach Abfallmengen pro Jahr

Tabelle 105: Minimale Strom- und Wärmepotenziale Bio- und Grünabfälle

Planungsregion	Grünabfallmenge 2010 [t/a] Ist-Stand	Bioabfallmenge 2010 [t/a] Ist-Stand	Minimales Strompotenzial [MWh/a]	Minimales Wär- mepotenzial [MWh/a]
Münster	86.403	178.474	8.931	9.861
Detmold	64.975	202.138	9.369	10.344
Arnsberg	53.682	113.930	5.668	6.258
RVR	210.395	171.163	11.457	12.653
Düsseldorf	101.589	200.926	10.152	11.210
Köln	147.365	322.093	15.923	17.582
NRW	664.409	1.188.724	61.500	67.908

Szenario 5: Maximales Potenzial durch verstärkte Umlenkung zur Vergärung auf Kreisebene basierend auf den Zielwerten gemäß Entwurf des Abfallwirtschaftsplans (Mengensicht)

In diesem Szenario wird von einer Umlenkung von 50 % an Abfällen aus der Biotonne in Vergärungsanlagen ausgegangen, die bei Erreichen der Zielwerte gemäß Entwurf des Abfallwirtschaftsplans theoretisch zur Verfügung stünden (MKULNV 2013). Diese Umlenkung findet einerseits im Bioabfallsystem statt, wodurch ggf. Kompostanlagen geringer ausgelastet werden. Bei der Vergärung mit Nachkompostierung können sich beide Verfahren ergänzen, die kompostierbaren Mengen sind aber durch den Vergärungsschritt geringer. Auf der anderen Seite würden zusätzliche Mengen über die Biotonne

abgesammelt. Dadurch würden dem Entsorgungspfad über die Müllverbrennung Mengen entzogen. Die Ergebnisse auf Kreisebene sind in den Abbildungen **Abbildung 70** und **Abbildung 71** zu sehen. Die **Tabelle 106** zeigt die Ergebnisse auf Ebene der Planungsregionen.

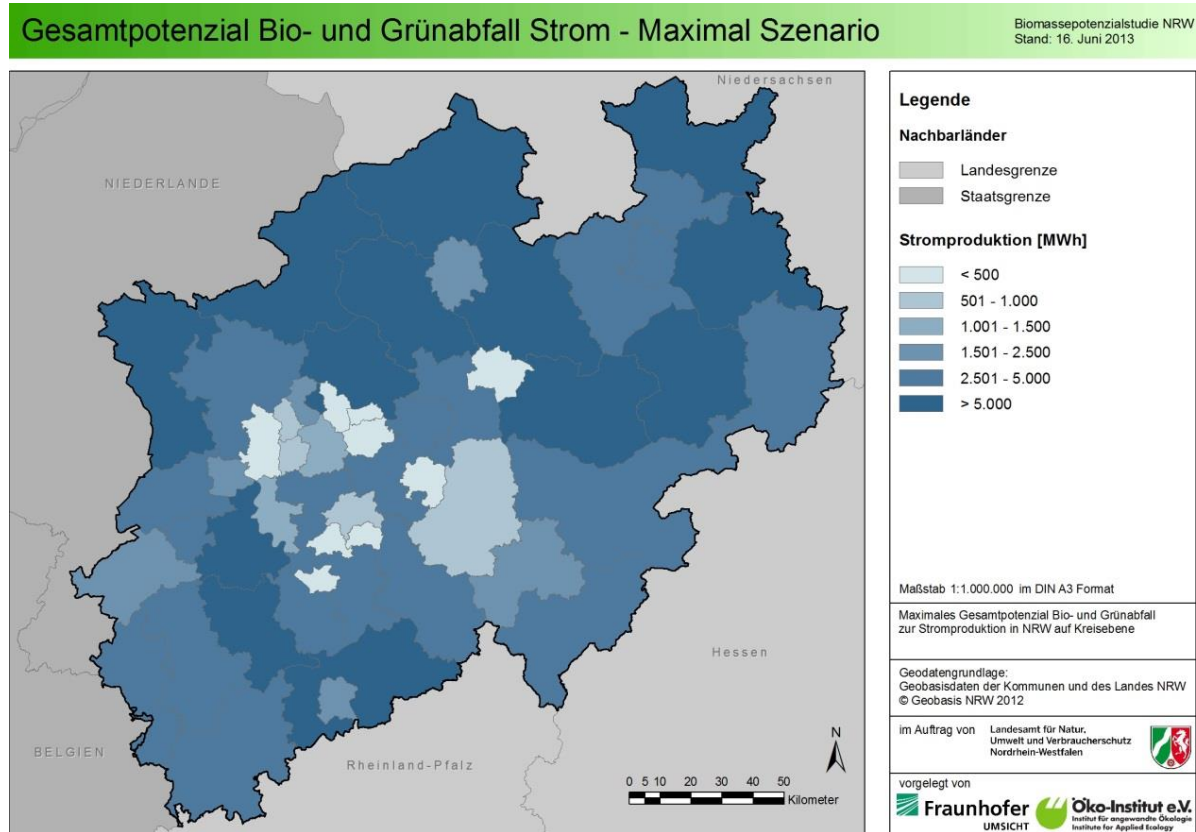


Abbildung 70: Maximale Strompotenziale aus Bio- und Grünabfall je Kreis auf Basis der Zielwerte gemäß Entwurf des Abfallwirtschaftsplans

Tabelle 106: Maximales Potenzial „organische Abfälle“ auf Ebene der Planungsregionen

Planungsregion	Organische Abfälle Zielwerte [t/a]	Maximales Strompotenzial [MWh/a]	Maximales Wärmepotenzial [MWh/a]
Münster	295.700	35.040	38.737
Detmold	336.100	39.828	44.029
Arnsberg	236.080	27.975	30.926
RVR	601.940	71.330	78.854
Düsseldorf	426.630	50.556	55.889
Köln	627.210	74.324	82.165
NRW	2.523.660	299.054	330.599

Gesamtpotenzial Bio- und Grünabfall Wärme - Maximal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

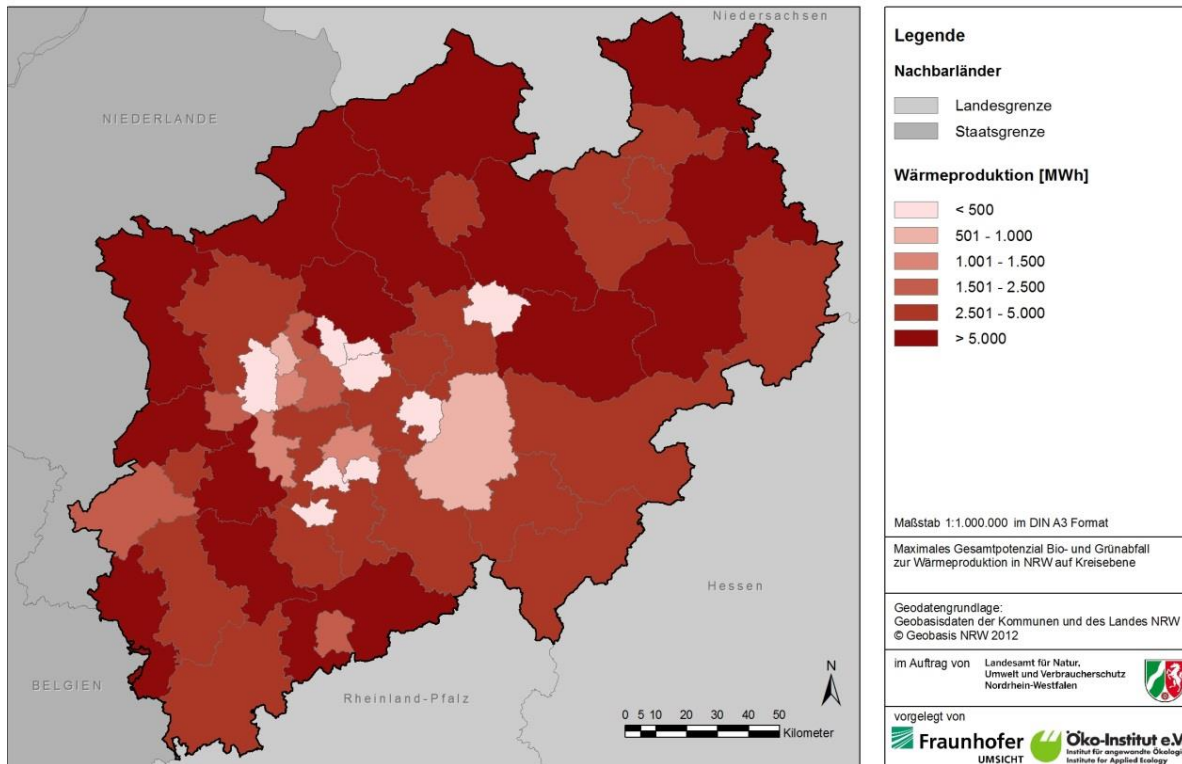


Abbildung 71: Maximale Wärmepotenziale aus Bio- und Grünabfall je Kreis auf Basis der Zielwerte gemäß Entwurf zum Abfallwirtschaftsplan

Die Strompotenziale liegen bei ca. 299 GWh/a und die Wärmepotenziale bei ca. 331 GWh/a. Um die Wärmepotenziale vollständig zu nutzen, müssen ausreichend Wärmeabnehmer vor Ort vorhanden sein. Die Ergebnisse aus diesem Szenario gehen in das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 ein.

5.3.5 Hausmüll/hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll

Szenario 1: Bevölkerungsentwicklung bis 2025 (Anlagensicht)

Falls sich der Bestand an Verbrennungskapazitäten nicht ändert, wird auch bei zurückgehender Bevölkerung von ähnlichen Energiemengen ausgegangen. Ein Grund dafür ist, dass in den Anlagen auch Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen als privaten Haushalten entsorgt werden, um die Anlagen auszulasten. Die Mengenentwicklung ist hier sehr schwierig zu prognostizieren.

Damit werden in den MVA ähnliche Energiemengen wie im Jahr 2010 angesetzt mit ca. 2,37 TWh/a Strom und 4,73 TWh/a Wärme. Der biogene Anteil (50 %) an der Energieerzeugung der Müllverbrennungsanlagen führt damit zu einer Stromerzeugung von ca. 1,19 TWh/a und einer exportierten Wärmemenge von ca. 2,37 TWh/a. Bezug für die Energiemengen sind die in den MVAs jährlich verbrannten 6,1 Mio. t Abfall.

Szenario 2: Effizienzsteigerung bis 2025 (Anlagensicht)

Es wird von einer Steigerung der Energiemengen von 5 % für die Stromerzeugung und 5 % für die Wärmeerzeugung ausgegangen (Treder 2013). Damit würden durch den biogenen Anteil ca. 1,25

TWh/a Strom erzeugt und 2,49 TWh/a Wärme exportiert. Bezug für die Energiemengen sind wie in Szenario 1 die in den MVA verbrannten 6,1 Mio. t Abfall.

Eine Erhöhung der Bioabfallabschöpfung in den Haushalten führt zu reduzierten Mengen in den Verbrennungsanlagen. NRW-weit wird von einem Rückgang von ca. 118.490 t pro Jahr organischen Abfalls (Grün- und Bioabfälle) bis zum Jahr 2025 ausgegangen. Diese Mengenverschiebung hat voraussichtlich keine signifikanten Auswirkungen auf die Verbrennungsanlagen (0,1 Mio. t bei einer Kapazität von ca. 6,3 Mio. t). Eine Abschätzung des „Energieverlustes“ durch die verringerten Mengen wird hier nicht getroffen, da hierzu genauere Angaben über Feuchtegehalte, Heizwerte etc. der Bioabfälle nötig wären.

Szenario 3: Minimal-Szenario auf Basis heutiger Abfallmengen

Basis dieses Szenarios sind die biogenen Anteile der von den öRE heute gesammelten Abfallmengen (Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll). Die Karte zeigt die Verteilung der daraus theoretisch erzeugbaren Energiemengen in den Kreisen.

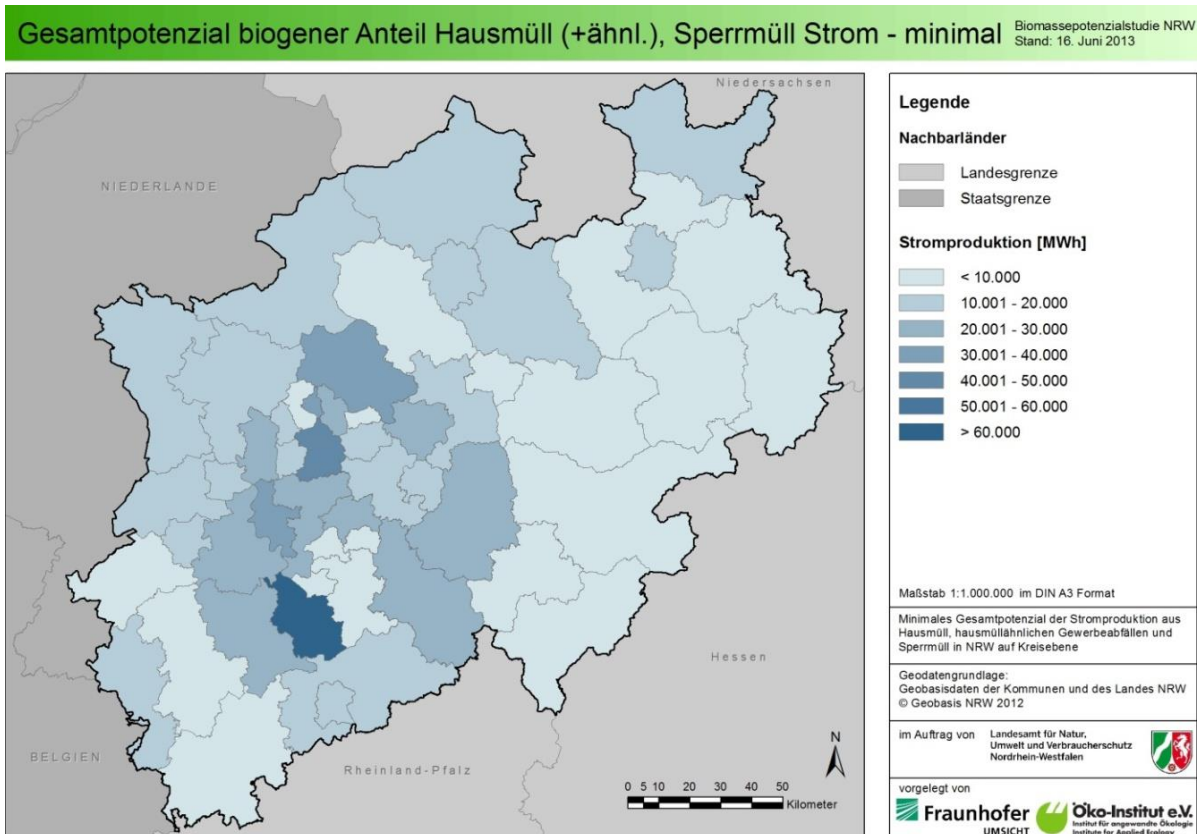


Abbildung 72: Minimalszenario: Strompotenzial aus biogenem Anteil im Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall im Jahr 2010

Gesamtpotenzial biogener Anteil Hausmüll (+ähnl.), Sperrmüll Wärme – minimal

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

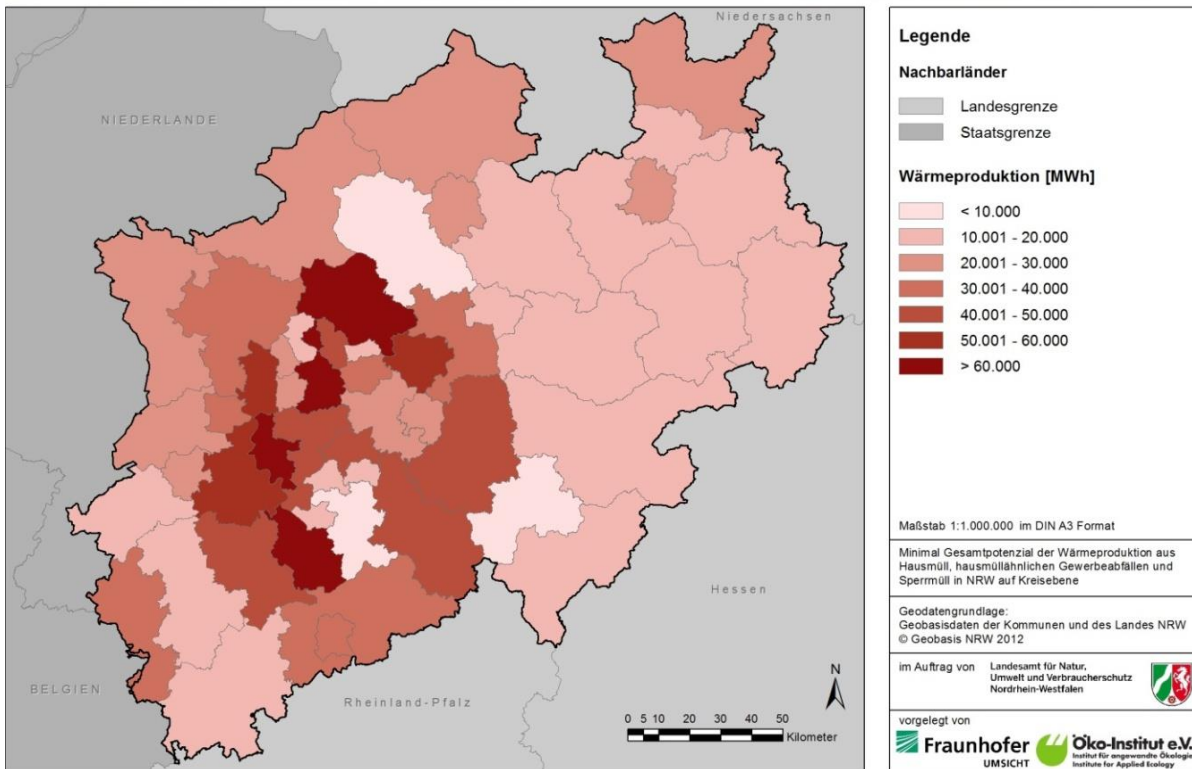


Abbildung 73: Minimal-Szenario: Wärmepotenzial aus biogenem Anteil im Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall im Jahr 2010

Tabelle 107: Minimale Potenziale aus biogenem Anteil im Haus- und Sperrmüll sowie hausmüllähnlichem Gewerbeabfall auf Ebene der Planungsregionen

Planungsregion	Anfallende Mengen [t/a]	Strompotenzial min. [MWh/a]	Wärmepotenzial min. [MWh/a]
Münster	274.942	53.410	106.588
Detmold	335.058	65.088	129.893
Arnsberg	272.685	52.972	105.713
RVR	1.461.664	283.942	566.648
Düsseldorf	893.906	173.650	346.544
Köln	1.054.425	204.832	408.773
NRW	4.292.681	833.895	1.664.159

Insgesamt werden in den Planungsregionen 4,2 Mio. t Haus- und Sperrmüll sowie hausmüllähnlicher Gewerbeabfall durch die örE gesammelt. Aus dem biogenen Anteil dieser Abfallmengen könnten mit typischen Anlagen in NRW ca. 0,8 TWh/a Strom erzeugt und ca. 1,7 TWh/a Wärme produziert werden. Die in den MVA real erzeugten Energiemengen sind wesentlich größer (siehe auch Szenario 1 und 2), da in den Anlagen weitere Stoffströme verbrannt werden.

Szenario 4: Maximal-Szenario auf Basis heutiger Abfallmengen und Effizienzsteigerung

Dieses Szenario wurde berechnet, um die maximal erzeugbaren Strom- und Wärmemengen aus den biogenen Anteilen der heute anfallenden Abfallmengen in NRW (Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll) auf Kreisebene zur Verfügung zu stellen. Hierbei wurde von einer Steigerung der Wärme- und Strommengen von jeweils 5 % ausgegangen. Die Ergebnisse gehen in das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 ein.

Insgesamt könnten mit dieser Effizienzsteigerung in den Planungsregionen mit typischen Müllverbrennungsanlagen in NRW ca. 0,9 TWh/a Strom produziert und ca. 1,7 TWh/a Wärme exportiert werden. Hier wird wieder angenommen, dass die biogenen Anteile ca. 50 % der Energie liefern. Die in den MVA real erzeugten Energiemengen sind wesentlich größer (Szenario 1 und 2), da in den Anlagen weitere Stoffströme verbrannt werden. **Tabelle 108** zeigt das Ergebnis auf Planungsregionsebene, **Abbildung 74** und **Abbildung 75** auf Kreisebene.

Tabelle 108: Maximale Potenziale aus biogenem Anteil im Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall auf Ebene der Planungsregionen

Planungsregion	Anfallende Mengen [t/a]	Strompotenzial max. [MWh/a]	Wärmepotenzial max. [MWh/a]
Münster	274.942	56.081	111.917
Detmold	335.058	68.343	136.388
Arnsberg	272.685	55.620	110.999
RVR	1.461.664	298.139	594.981
Düsseldorf	893.906	182.333	363.871
Köln	1.054.425	215.074	429.211
NRW	4.292.681	875.590	1.747.367

Gesamtpotenzial biogener Anteil Hausmüll (+ähnl.), Sperrmüll Strom - maximal Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

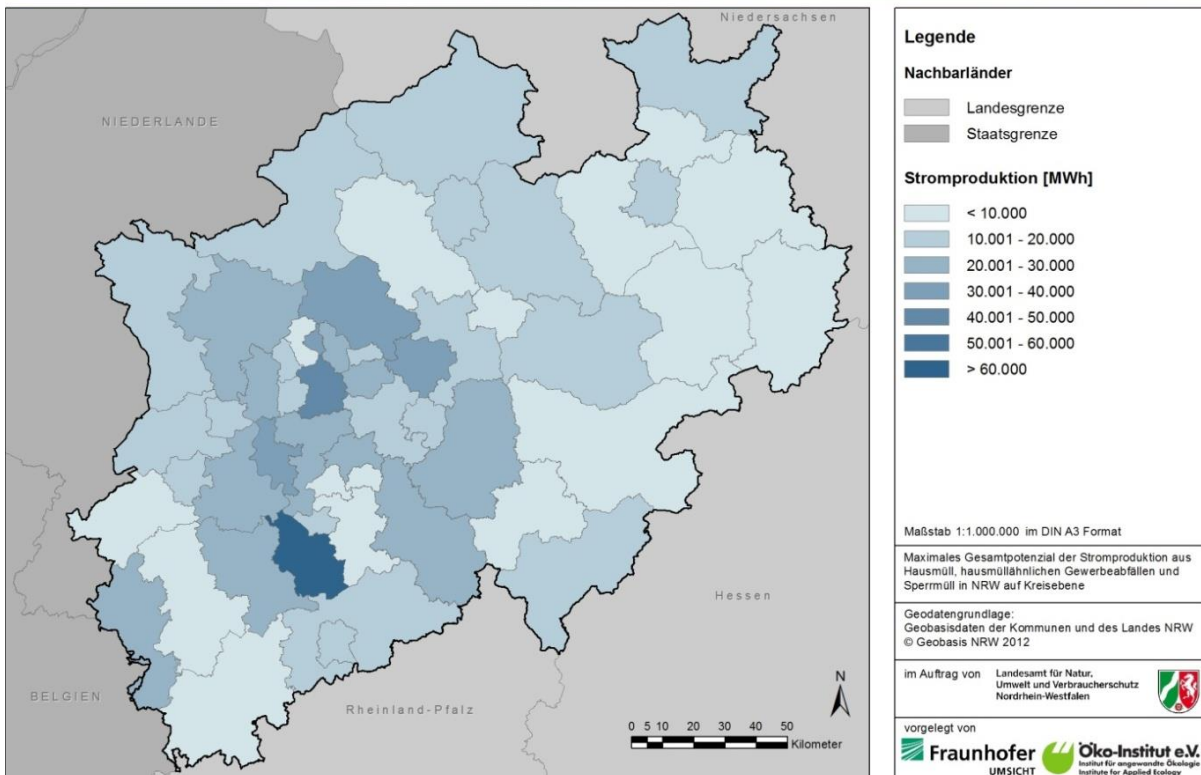


Abbildung 74: Maximal-Szenario: Strompotenzial Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall

Gesamtpotenzial biogener Anteil Hausmüll (+ähnl.), Sperrmüll Wärme – maximal Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

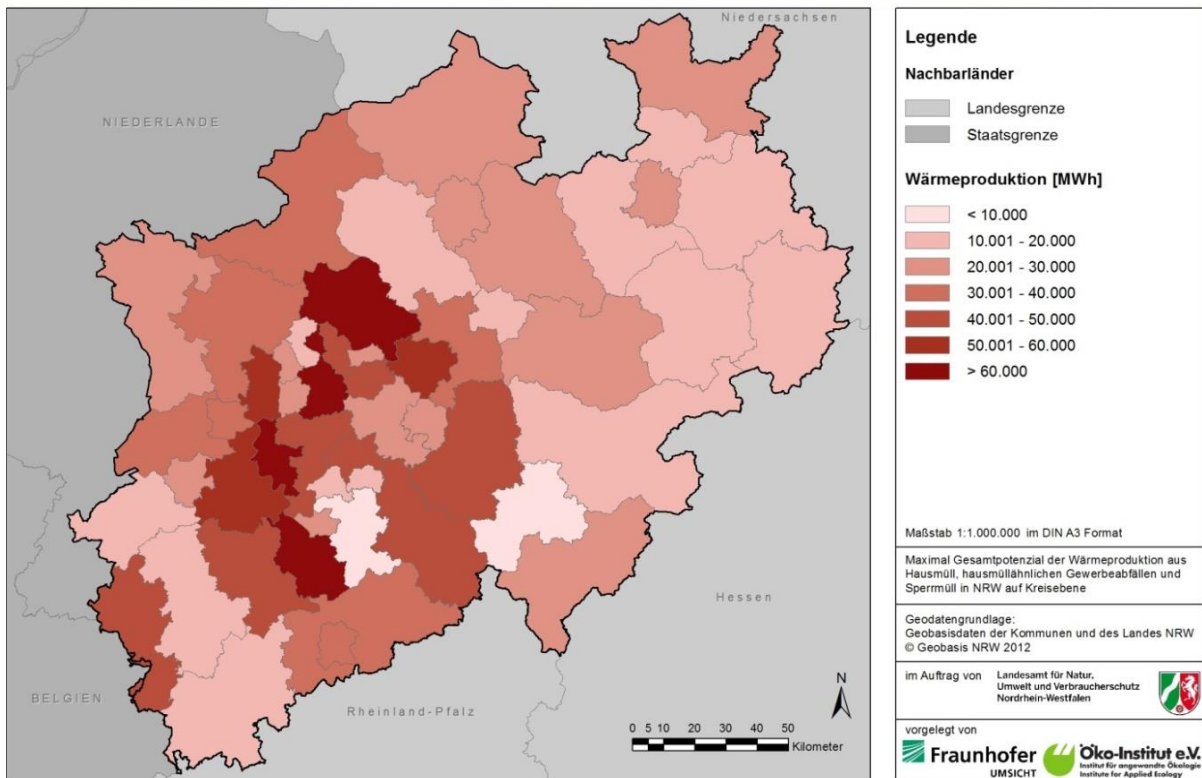


Abbildung 75: Maximal-Szenario: Wärmepotenzial Sperrmüll, Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall

5.3.6 Tierische Nebenprodukte und Speisereste

Wie in Kapitel 5.1.6 und 5.2.6 beschrieben, wurde aufgrund fehlender Daten für diese Studie die Einschätzung des Biomasseaktionsplans NRW für tierische Nebenprodukte und Speisereste übernommen. Dieser weist durch Umlenkung von Stoffströmen ca. 75 GWh/a als realistisches Ausbaupotenzial aus (MUNLV 2009). Da nicht klar ist, ob diese Mengen verbrannt oder vergoren werden, ist eine Aussage über die Strom- und Wärmeanteile mit hohen Unsicherheiten verbunden. Zur Abschätzung wird angenommen, dass der Großteil der Mengen verbrannt wird. Hierzu wird das in Kapitel 5.1.5.3 berechnete Verhältnis von Strom zu Wärme in Verbrennungsanlagen angesetzt. Bei ca. 2,4 TWh/a produziertem Strom und 4,7 TWh/a exportierter Wärme werden also pro Einheit Strom ca. 2 Einheiten Wärme exportiert. Bei einer gleichen Verteilung könnten aus den tierischen Nebenprodukten und Speiseresten zusätzlich ca. 25 GWh/a Strom und ca. 50 GWh/a Wärme gewonnen werden.

Die heute bereits gewonnene Energie aus Mengen, die in Müllverbrennungsanlagen erzeugt wird, ist im Stoffstrom Hausmüll (Kapitel 5.3.5) mit bilanziert. Die Energiemengen lassen sich dem Stoffstrom „tierische Nebenprodukte und Speisereste“ nicht eindeutig zuordnen und werden daher nicht separat ausgewiesen.

5.3.7 Holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial

In **Tabelle 109** sind die Flächenpotenziale (summiert Grünanlagen und Friedhöfe) und die erschließbaren Mengen für Holz und Halmgut aus dem Bereich der Landschaftspflege auf Ebene der Planungsregionen aufgeführt.

Tabelle 109: Landschaftspflegeflächen und erschließbare Holz- und Halmgutmengen (Grünanlagen und Friedhöfe) bei einem Erschließungsfaktor von 50 %

Planungsregion	Flächenpotenziale [ha/a]	Holz FM [t/a]	Halmgut FM [t/a]
Münster	4.360	13.080	32.700
Detmold	6.689	20.067	50.168
Arnsberg	3.144	9.432	23.580
RVR	14.731	44.193	110.483
Düsseldorf	10.236	30.708	76.770
Köln	12.588	37.764	94.410
NRW	51.748	155.244	388.111

Mit der unter Kapitel 5.2.7 beschriebenen Vorgehensweise wurden die machbaren Wärme- und Strompotenziale für halmgut- und holzartiges Landschaftspflegematerial berechnet. Diese sind in **Tabelle 110** nach Planungsregion aufgeführt.

Tabelle 110: Machbare Strom- und Wärmepotenziale aus Landschaftspflegematerialien (Grünanlagen und Friedhöfe) bei einem Erschließungsfaktor von 50 %

Planungsregion	Strompotenzial Halmgut [MWh/a]	Wärmepotenzial Halmgut [MWh/a]	Strompotenzial Holz [MWh/a]	Wärmepotenzial Holz [MWh/a]
Erschließungsfaktor 50 %				
Münster	10.190	11.263	5.886	27.468
Detmold	15.633	17.279	9.030	42.141
Arnsberg	7.348	8.121	4.244	19.807
RVR	34.429	38.053	19.887	92.805
Düsseldorf	23.923	26.441	13.819	64.487
Köln	29.420	32.517	16.994	79.304
NRW	120.943	133.674	69.860	326.012

In der folgenden Tabelle sind die zusätzlich verfügbaren Potenziale unter der Annahme, dass der Erschließungsfaktor auf 75 % gesteigert werden kann, aufgeführt.

Tabelle 111: Zusätzlich verfügbare Strom- und Wärmepotenziale aus Landschaftspflegematerialien (Grünanlagen und Friedhöfe) bei einem Erschließungsfaktor von 75 %

Planungsregion	Strompotenzial Halmgut [MWh/a]	Wärmepotenzial Halmgut [MWh/a]	Strompotenzial Holz [MWh/a]	Wärmepotenzial Holz [MWh/a]
Erschließungsfaktor 25 % zusätzlich				
Münster	5.095	5.631	2.943	13.734
Detmold	7.817	8.639	4.515	21.071
Arnsberg	3.674	4.061	2.122	9.904
RVR	17.214	19.027	9.944	46.404
Düsseldorf	11.961	13.221	6.909	32.243
Köln	14.710	16.258	8.497	39.652
NRW	60.471	66.837	34.930	163.008

Neben den Potenzialen aus der Landschaftspflege werden an dieser Stelle auch die Potenziale des Straßenbegleitgrüns erhoben. Es wird darauf hingewiesen, dass die Einordnung des Straßenbegleitgrüns zu Landschaftspflegematerialien rechtlich nicht eindeutig ist.

In **Tabelle 112** sind auf der Ebene der Planungsregionen die Flächenpotenziale für Gehölz und Grasnchnitt sowie die für eine potenzielle energetische Nutzung theoretischen Mengen aufgeführt.

Tabelle 112: Flächen- und Mengenpotenziale aus den Straßenbegleitflächen

Planungsregion	Flächenpotenziale Gehölz [ha]	Flächenpotenziale Grasschnitt [ha]	Holz _{litro} [t/a]	Grasschnitt FM [t/a]
Münster	1.421	2.244	7.501	21.542
Detmold	1.583	2.711	8.358	26.270
Arnsberg	1.520	2.506	8.024	24.140
RVR	3.460	4.220	18.270	39.605
Düsseldorf	2.571	3.171	13.574	29.737
Köln	3.564	4.931	18.815	46.837
NRW	14.118	19.784	74.542	188.130

Mit der unter Kapitel 5.2.7 beschriebenen Vorgehensweise wurden die theoretischen Wärme- und Strompotenziale für das Straßenbegleitmaterial berechnet. Diese sind in **Tabelle 113** nach Planungsregionen aufgeführt.

Tabelle 113: Verfügbare Strom- und Wärmepotenziale aus Grünschnitt des Straßenbegleitmaterials

Planungsregion	Strompotenzial Gras [MWh/a]	Wärmepotenzial Gras [MWh/a]	Strompotenzial Holz [MWh/a]	Wärmepotenzial Holz [MWh/a]
Münster	6.713	7.420	4.951	23.103
Detmold	8.186	9.048	5.516	25.743
Arnsberg	7.522	8.314	5.296	24.714
RVR	12.342	13.641	12.058	56.272
Düsseldorf	9.267	10.242	8.959	41.808
Köln	14.595	16.132	12.418	57.950
NRW	58.625	64.797	49.198	229.590

Bei der Interpretation der Potenziale für Gras muss beachtet werden, dass nach Stand der Technik das Gras mit Schlägelmähern gemäht wird. Diese ermöglichen eine Aufnahme und Bergung des gemähten Grasses nicht, so dass diese Mengen als Mulch auf den Flächen verbleiben. Zur Hebung der Potenziale von Gras müsste in eine veränderte Mähtechnik investiert werden.

In der Gesamtrechnung werden beim minimalen Potenzial die machbaren Potenziale des halmgut- und holzartigen Landschaftspflegematerials sowie des Straßenbegleitholzes berücksichtigt. In die maximalen Potenziale gehen die zusätzlich verfügbaren Potenziale ein unter Annahme eines Erschließungsfaktors von 75 % bei den Landschaftspflegeflächen sowie der Nutzung des Grasschnitts. Die maximalen Potenziale gehen in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein. Die minimalen und maximalen Potenziale sind in **Tabelle 114** auf Planungsregionsebene und den Karten (**Abbildung 76** bis **Abbildung 79**) auf Kreisebene aufgeführt.

Tabelle 114: Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale aus Landschaftspflegematerialien

Planungsregion	minimales Strompotenzial [MWh/a]	minimales Wärmepotenzial [MWh/a]	maximales Strompotenzial [MWh/a]	maximales Wärmepotenzial [MWh/a]
Münster	21.027	61.834	35.778	88.619
Detmold	30.179	85.163	50.697	123.921
Arnsberg	16.888	52.642	30.206	74.921
RVR	66.374	187.130	105.874	266.202
Düsseldorf	46.701	132.736	74.838	188.442
Köln	58.832	169.771	96.634	241.813
NRW	240.001	689.276	394.027	983.918

Gesamtpotenzial Landschaftspflegematerial Strom - Minimal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 23. Juni 2013

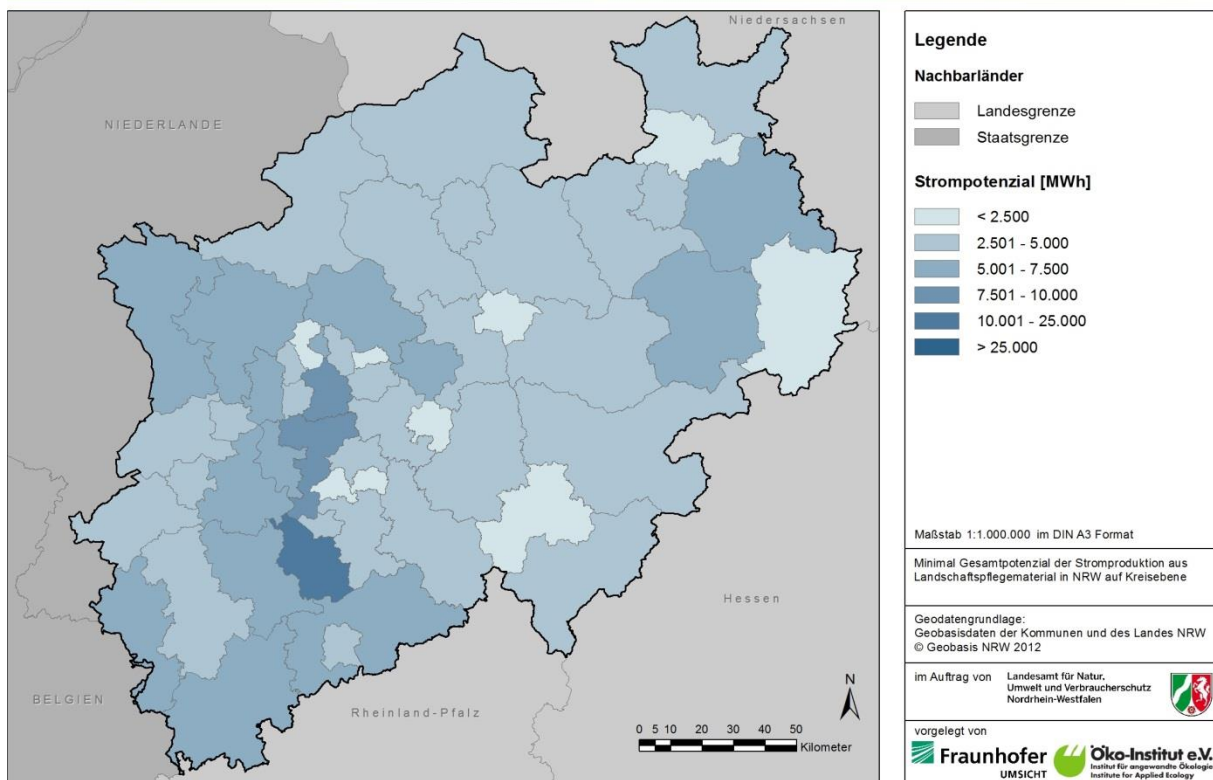


Abbildung 76: Minimal-Szenario: Strompotenziale Landschaftspflegematerial pro Jahr

Gesamtpotenzial Landschaftspflegematerial Wärme - Minimal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

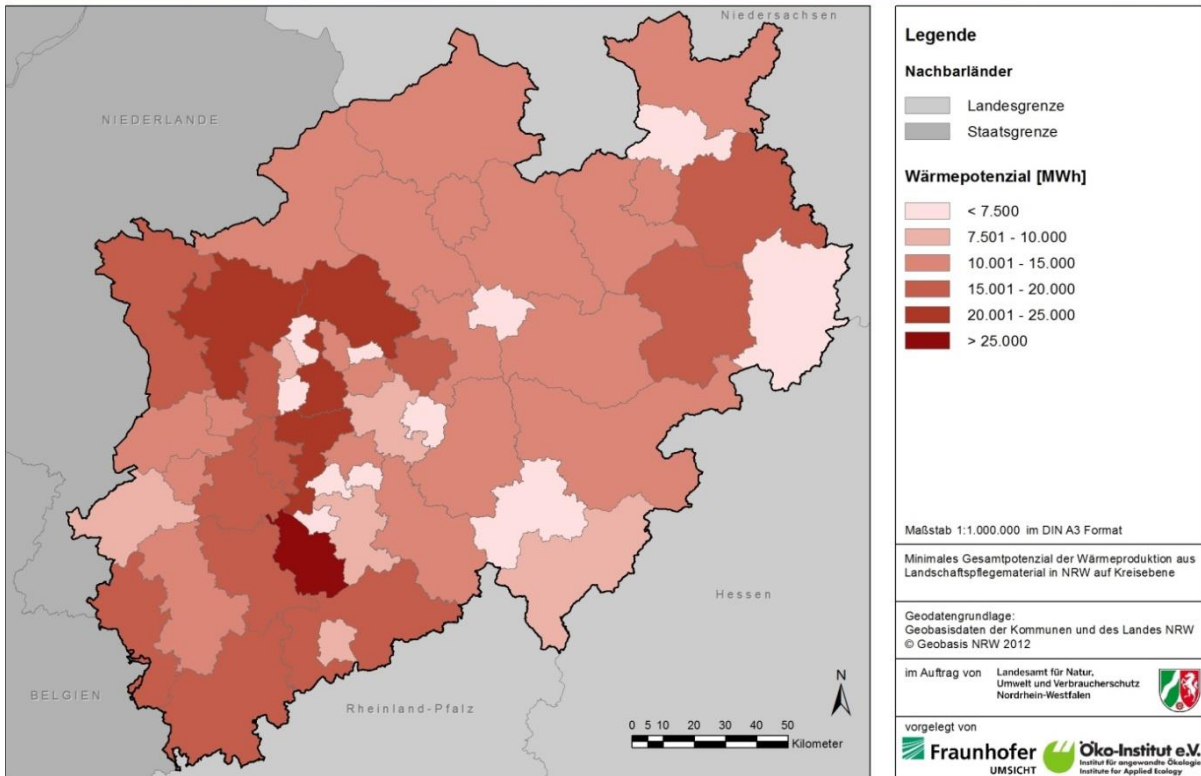


Abbildung 77: Minimal-Szenario: Wärmepotenziale Landschaftspflegematerial pro Jahr

Gesamtpotenzial Landschaftspflegematerial Strom - Maximal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 23. Juni 2013

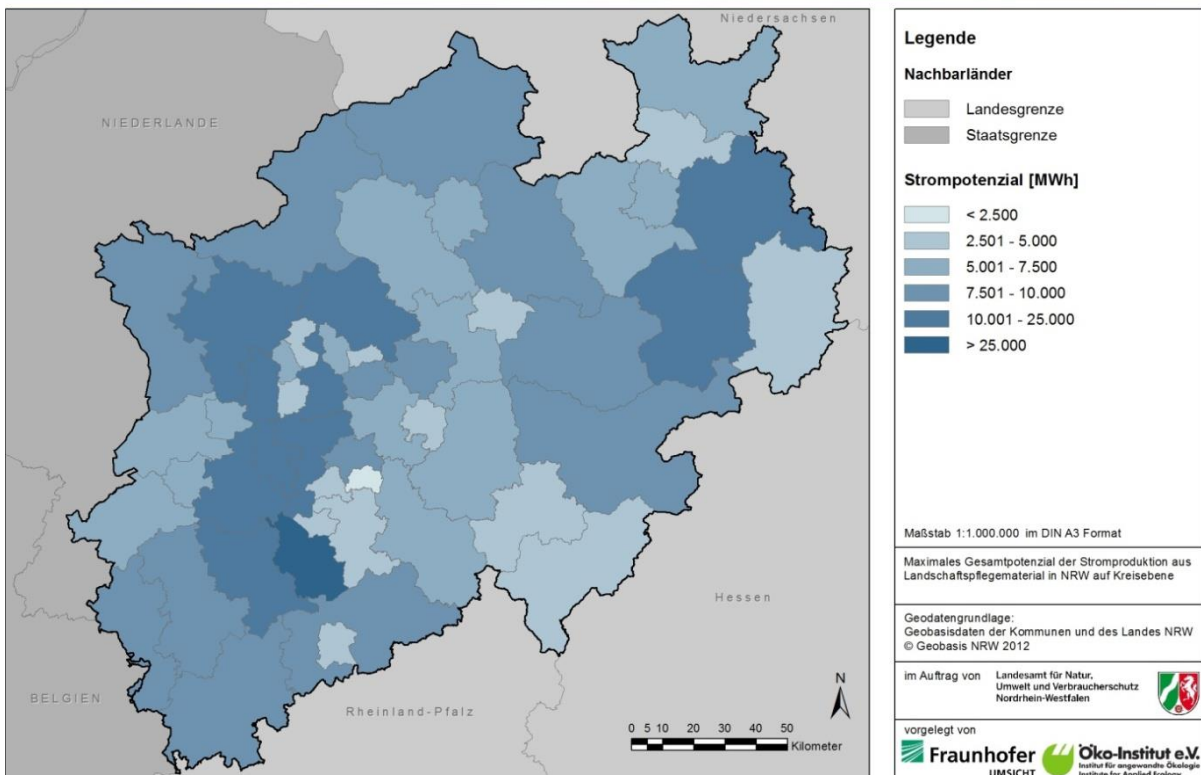


Abbildung 78: Maximal-Szenario: Strompotenziale Landschaftspflegematerial pro Jahr

Gesamtpotenzial Landschaftspflegematerial Wärme - Maximal Szenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 16. Juni 2013

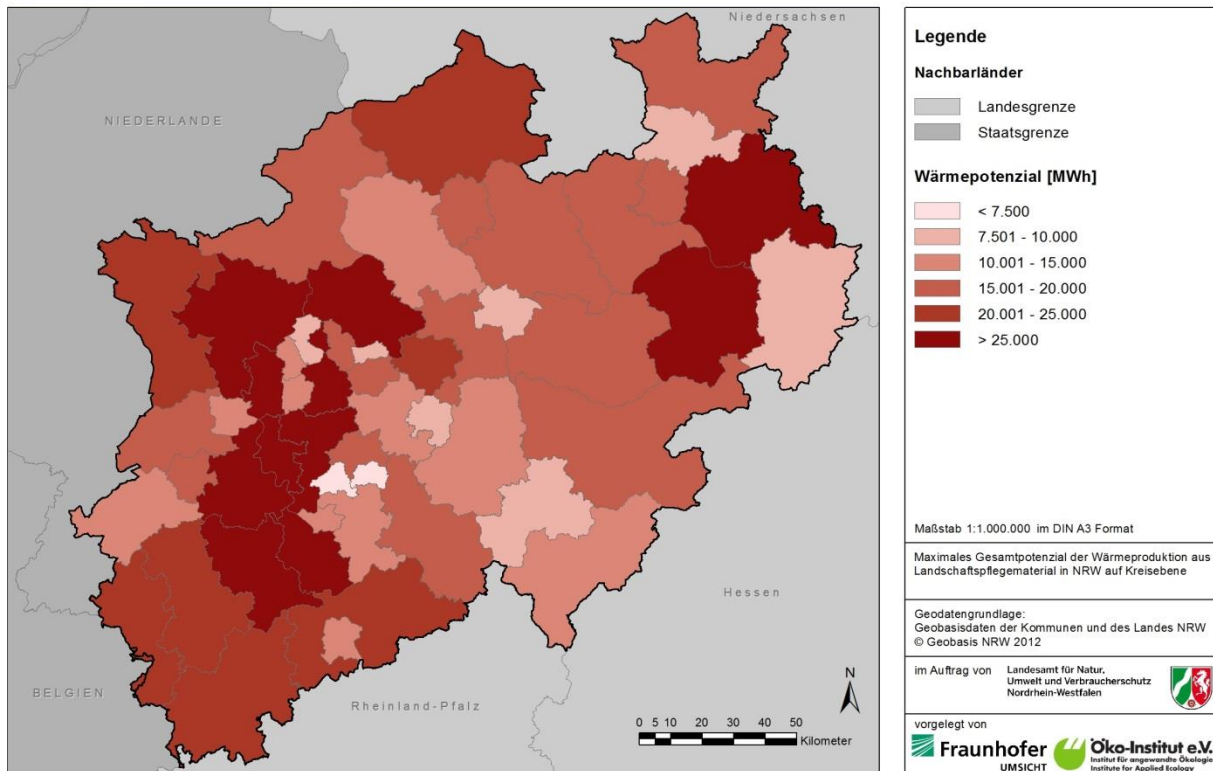


Abbildung 79: Maximal-Szenario: Wärmepotenziale Landschaftspflegematerial pro Jahr

5.4 Zusammenfassung und Fazit Abfallwirtschaft

Nachfolgend sind die Gesamtergebnisse der minimalen und maximalen Potenziale nach Stoffstrom (Tabelle 115 und Tabelle 116) und auf Ebene der Planungsregionen (Tabelle 117) aufgeführt. Dabei ist zu beachten, dass dies die rechnerischen minimalen und maximalen Potenziale sind. Welche Potenzialerhebung bzw. Szenarienbetrachtung hinter den Zahlen liegen, ist in den Einzelkapiteln aufgeführt. Die Ergebnisse aus den maximalen Szenarien gehen in das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 ein.

Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 3 - Bioenergie

Abfallwirtschaft

Tabelle 115: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Stoffstrom: Minimale und maximale Strompotenziale

Stoffstrom	Bereits produzierte Strommenge [MWh/a]	minimales Strompotenzial [MWh/a]	maximales Strompotenzial [MWh/a]
Altholz	1.065.000	1.105.776	1.110.450
Klärgas/Klärschlamm ¹⁾	539.565	657.891	742.523
Deponiegas ²⁾	253.564	0	88.747
Bio-/Grünabfall	46.000	61.500	299.054
Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähn. Gewerbeabfälle ³⁾	1.185.000	833.895	875.590
Tierische Nebenprodukte ⁴⁾			25.000
Landschaftspflegematerial		240.001	394.027
NRW gesamt	3.089.129	2.899.063	3.535.391

¹⁾ in Klärschlammverbrennungsanlagen nicht nur kommunale Klärschlammengen (z.B. industrielle); ²⁾ ab dem Jahr 2030 kein nutzbares Potenzial mehr, Bezug maximales Potenzial ist 2020; ³⁾ die Müllverbrennungsanlagen produzieren aus 6,1 Mio. t (inkl. RZR Herten II) Abfall ca. 2,37 TWh Strom; der Energieanteil aus biogenen Stoffen liegt bei ca. 1,2 TWh. In den Potenzialberechnungen werden Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfälle und Sperrmüll betrachtet (ca. 4,3 Mio. t); ⁴⁾ hier nur zusätzliche Potenziale

Tabelle 116: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Stoffstrom: Minimale und maximale Wärmepotenziale

Stoffstrom	Bereits produzierte Wärmemengen [MWh/a]	minimales Wärmepotenzial [MWh/a]	maximales Wärmepotenzial [MWh/a]
Altholz	2.556.000	2.653.863	2.665.081
Klärgas/Klärschlamm ¹⁾	971.760	1.219.830	1.407.683
Deponiegas ²⁾	250.497	0	87.674
Bio-/Grünabfall	17.000 ³⁾	67.908	330.599
Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähn. Gewerbeabfälle ⁴⁾	2.365.000	1.664.159	1.747.367
Tierische Nebenprodukte ⁵⁾			50.000
Landschaftspflegematerial		689.276	983.918
NRW gesamt	6.160.257	6.295.036	7.272.322

in Klärschlammverbrennungsanlagen nicht nur kommunale Klärschlammengen (z.B. industrielle); ²⁾ ab dem Jahr 2030 kein nutzbares Potenzial mehr, Bezug maximales Potenzial ist 2020; ³⁾ extern genutzte Wärmemenge; ⁴⁾ die Müllverbrennungsanlagen produzieren aus 6,1 Mio. t Abfall ca. 4,73 TWh Wärme; der Energieanteil aus biogenen Stoffen liegt bei 2,4 TWh. In den Potenzialberechnungen werden Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfälle und Sperrmüll betrachtet (ca. 4,3 Mio. t); ⁵⁾ hier nur zusätzliche Potenziale

Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 3 - Bioenergie

Abfallwirtschaft

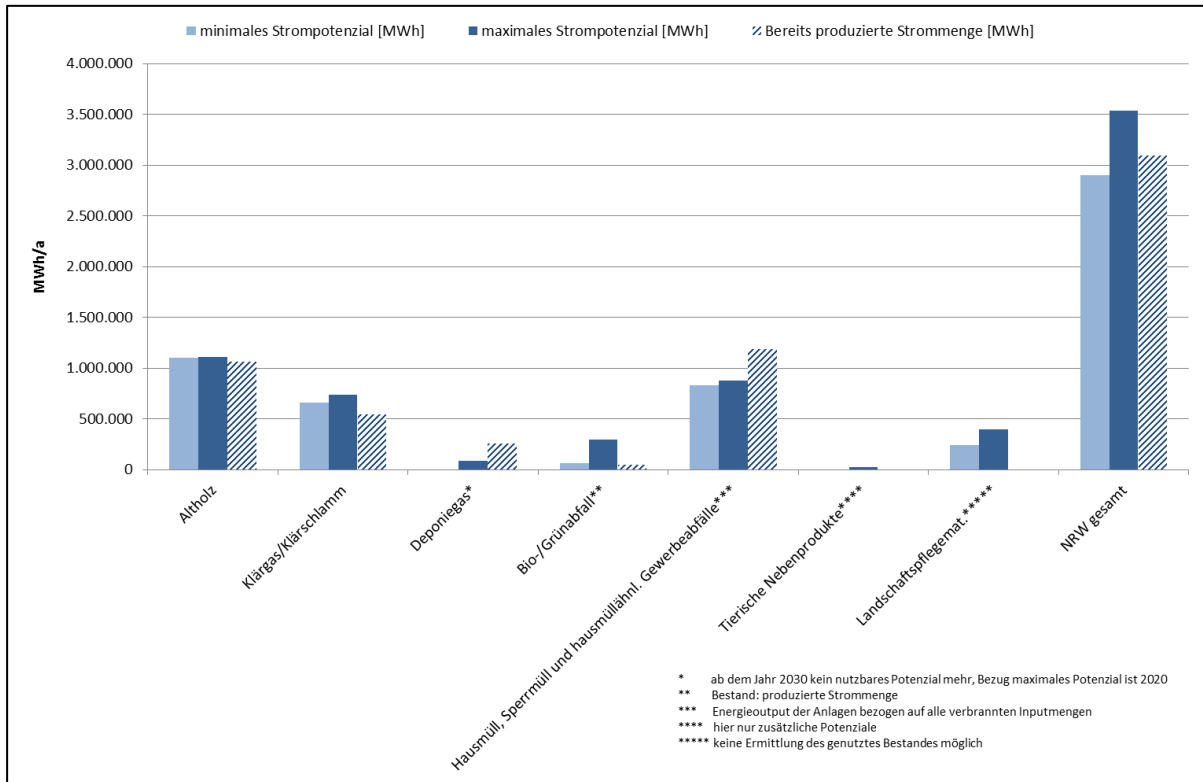


Abbildung 80: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Stoffströmen: produzierte Strommengen und Ausbaupotenziale

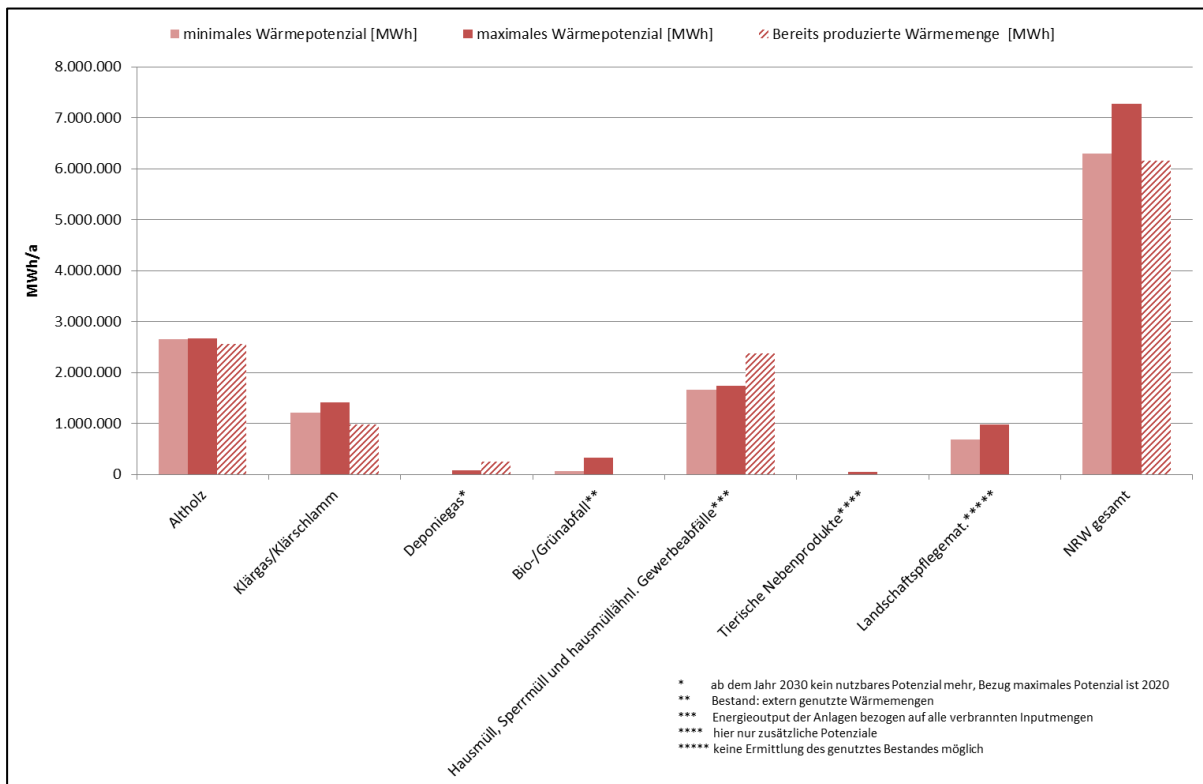


Abbildung 81: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Stoffströmen: produzierte Wärmemengen und Ausbaupotenziale.

Altholz: Bezüglich des Altholzes zeigt die vorliegende Studie im Strombereich Potenziale zwischen 1,106 und 1,110 TWh/a auf. Im Bereich Wärme werden zwischen 2,65 und 2,67 TWh/a als machbar berechnet. Grundlage für das Minimal-Szenario sind die heute anfallenden Altholzmengen, die über Annahmen zu aktuellen Anlagentechniken in Strom- und Wärmemengen umgerechnet wurden. Für das Maximal-Szenario wurden die im Jahr 2020 anfallenden Altholzmengen unter Berücksichtigung der demografischen Entwicklung sowie weiterer Entwicklungen abgeschätzt (Prognos 2008). Unter Berücksichtigung dieser Aspekte kommen die nur geringen Unterschiede zwischen Minimal- und Maximal-Szenario in Höhe von 0,004 TWh/a beim Strom und 0,02 TWh/a bei der Wärme zu Stande. Aus Gründen der Wertschöpfung und der höheren Klimaschutzleistung strebt die Landesregierung an, die energetische Verwertung des Rohstoffes Holz ans Ende der stofflichen Verwertung zu stellen und die Energieerträge aus Altholz zu maximieren. Darum gehen die Ergebnisse des Maximal-Szenarios in Kapitel 6 in die Berechnung des NRW-Leitszenarios ein.

Die Potenziale verteilen sich in NRW entsprechend der Bevölkerungszahl, die Grundlage für die bereitgestellten Altholzmengen ist. Grundsätzlich findet die Verbrennung aber dort statt, wo die Altholzverbrennungsanlagen stehen. Insofern werden die Altholzmengen in der Regel über Grenzen hinweg in andere Altholzverbrennungsanlagen transportiert. Diese können auch außerhalb NRWs liegen.

Aktuell wird rund 1 TWh Strom pro Jahr aus Altholz gewonnen. Sowohl das minimale als auch das maximale Strompotenzial sind aber bereits heute zu etwa 96 % ausgeschöpft. Im Wärmebereich konnten die tatsächlich exportierten und somit genutzten Mengen nicht genau berechnet werden. In Einzelfällen kann die Nutzung der produzierten Wärmemenge durch Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen gesteigert werden. Dies wäre für den Einzelfall zu prüfen. Der Altholzbereich ist bezüglich einer zusätzlichen energetischen Nutzung durch den Zubau von Verbrennungskapazitäten weitgehend ausgeschöpft. Eine Steigerung könnte im Bereich der Wärmenutzung durch den Ausbau von Nah- bzw. Fernwärmenetzen erreicht werden.

Klärgas/Klärschlamm: Energetische Potenziale aus Klärschlamm wurden sowohl über die Nutzung des Klärgases als auch über die Verbrennung der Klärschlämme berechnet. Die Klärschlammaufkommen und damit die Potenziale richten sich nach der Verteilung der Klärwerke, die sich wiederum an den Bevölkerungszahlen orientieren. Insgesamt werden aktuell 0,54 TWh Strom und 0,97 TWh Wärme pro Jahr aus Klärgas und Klärschlamm erzeugt. Der wesentliche Unterschied zwischen den Angaben zur bereits erzeugten Energiemenge (1,51 TWh/a) und der im Minimalszenario angegebenen Energiemenge (1,88 TWh/a) ist durch die Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kraftwerken begründet. In den 1,51 TWh/a, die bereits erzeugt werden, sind Energiemengen aus der Mitverbrennung nicht enthalten, da diese nicht bilanziert wurden. In den 1,88 TWh/a, die im Minimalszenario berechnet wurden, wurde hingegen angenommen, dass die thermische Behandlung von Klärschlämmen ausschließlich in Klärschlammverbrennungsanlagen stattfindet, deren Energieerzeugung bilanziert wurde.

Zusätzliche Potenziale ließen sich theoretisch durch eine Nachrüstung von bestehenden Kläranlagen mit Faultürmen und einer damit verbundenen Klärgasproduktion erschließen. Inwieweit weitere Potenziale tatsächlich erschlossen werden können, kann nur im anlagenspezifischen Einzelfall entschieden werden. Andererseits können mehr Klärschlämme der Verbrennung zugeführt werden, indem weniger Mengen in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau genutzt werden. Auf diese Weise wären zusätzliche Potenziale in Höhe von 0,066 TWh/a Strom möglich. Dies entspricht einem zusätzlichen Potenzial von rund 12 %, bezogen auf die bereits produzierten Strommengen. Bereinigt um die Klärschlamm-mengen, die in der Mitverbrennung eingesetzt werden, liegt das zusätzliche Potenzial bei

rund 8 %. Die Landesregierung strebt das Beenden der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung aus Gründen des Umwelt-, Gesundheits- und Verbraucherschutzes an sowie eine Effizienzmaximierung bestehender Anlagen. Diese Ziele werden in den maximalen Szenarien berücksichtigt. Sie fließen darum in Kapitel 6 in das NRW-Leitszenario ein.

Deponiegas: Aktuell werden in NRW rund 0,25 TWh Strom und 0,25 TWh Wärme pro Jahr aus Deponiegas produziert. Die Deponiegaserzeugung findet in der Regel nahe bzw. an den Deponien statt. Im Vergleich zu den anderen Sektoren des Abfallbereiches ist bei Deponiegas zukünftig jedoch nicht mit zusätzlichen Potenzialen zu rechnen. Es wird ein Rückgang des Deponiegases und damit der energetischen Nutzung stattfinden. Grund dafür ist, dass seit dem Jahr 2005 in Deutschland keine biologisch abbaubaren Abfälle mehr abgelagert werden dürfen. Dies hat zur Folge, dass aus den neu abgelagerten Mengen kaum bzw. kein Methan mehr entsteht. Bei den bestehenden Deponien werden die verfügbaren Methanmengen immer weiter zurückgehen, so dass im Jahr 2020 mit rund 35 % der Mengen aus dem Jahr 2010 gerechnet wird und im Jahr 2030 gar keine energetisch nutzbaren Methanmengen mehr vorliegen.

Im Jahr 2020 sind voraussichtlich noch rund 0,089 TWh Strom und 0,088 TWh Wärme aus Deponiegas zu erwarten (Kapitel 6, NRW-Leitszenario). Im Jahr 2030 wird dann nur noch eine geringe bis gar keine Strom- und Wärmeproduktion mehr aus Deponiegas möglich sein.

Bio-/Grünabfälle: Bio- und Grünabfälle werden in der Regel über zwei Wege verwertet. Entweder werden sie in Kompostierungsanlagen eingesetzt oder in Vergärungsanlagen (i.d.R. kombinierte Kompostierungs- und Vergärungsanlagen) zu Gas und anschließend in Strom und Wärme umgewandelt. Derzeit werden in Nordrhein-Westfalen 0,046 TWh/a Strom produziert und 0,017 TWh/a Wärme in Vergärungsanlagen aus Bio- bzw. Grünabfällen extern genutzt. Eingesetzt werden dafür rund 14 % der Bio- und Grünabfälle.

Als zukünftige minimale Potenziale wurden im Rahmen der Studie die aktuell anfallenden Bioabfälle auf Kreisebene herangezogen und davon auf Basis des bereits heute in Vergärungsanlagen genutzten Anteils (14 %) und anhand aktueller technischer Parameter mögliche Strom- und Wärmemengen berechnet. Ergebnis ist ein minimales Potenzial von 0,062 TWh/a Strom und 0,068 TWh/a Wärme. Davon werden stromseitig bereits 75 % genutzt, wärmeseitig erst 25 %. Dies ist vermutlich oft auf ein Fehlen von Wärmeabnehmern am Standort sowie veraltete Technik der Anlagen zurückzuführen. Die Potenziale verteilen sich in den Kreisen und Planungsregionen analog den Bevölkerungszahlen.

Für das maximale Potenzial wurde angenommen, dass die Abschöpfung der Bio- und Grünabfälle gemäß definierter Zielwerte erhöht und zusätzlich Bioabfälle verstärkt (50 %) der energetischen Nutzung in einer Vergärungsanlage anstatt einer Kompostierungsanlage zugeführt werden. Dadurch wären jährliche Strommengen von 0,30 TWh und Wärmemengen von 0,33 TWh möglich. Um die Wärmepotenziale vollständig nutzen zu können, müssen jedoch ausreichend Wärmeabnehmer vor Ort sein. Die zusätzlichen Mengen würden dem Entsorgungspfad der Müllverbrennung entzogen.

Die Landesregierung strebt aus Klimaschutzgründen eine erhöhte Abschöpfung von Bio- und Grünabfällen sowie eine verstärkte Umlenkung zur Vergärung auf Basis heute erfasster Mengen an. Die Biogasnutzung soll als Mindeststandard bei der Bioabfallverwertung festgeschrieben werden (MKULNV 2013). Darum werden die Ergebnisse des Maximal-Szenarios (Szenario 5) in das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 eingerechnet.

Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle: Im Jahr 2010 wurden ca. 4,3 Mio. t Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll von den öRE gesammelt, die in den 16

Müllverbrennungsanlagen (MVA) energetisch genutzt wurden. Insgesamt setzten die MVA ca. 6,1 Mio. t Abfall durch (Gesamtkapazität bei 6,3 Mio. t²⁰) und produzierten ca. 2,4 TWh Strom und exportierten 4,7 TWh Wärme (inkl. Prozessdampf). Ca. 50 % des Energieanteils der Abfälle wird durch biogene Stoffe geliefert. Damit können ca. 1,2 TWh/a Stromproduktion und ca. 2,4 TWh/a exportierte Wärme auf Biomasse zurückgerechnet werden.

Neben den Verbrennungsanlagen stehen vier mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von 475.000 t (mechanische Kapazität) zur Verfügung. In 2010 hatten diese Anlagen einen Durchsatz von 369.826 t. Es wird keine Steigerung der Abfallmengen in NRW erwartet; durch vermehrte Getrennsammlung und Bevölkerungsrückgang sinken die Mengen tendenziell ab.

Für die Potenzialberechnung wurden die biogenen Energiemengen der betrachteten Stoffströme Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle berechnet. Hierzu lagen kreisscharfe Daten zu den von den öRE gesammelten Mengen vor. Der biogene Anteil dieser Mengen führt bei Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen in NRW zu einem Stromexport von ca. 0,8 TWh/a und einer exportierten Wärmemenge von ca. 1,7 TWh/a. Dies sind die minimalen Energiepotenziale aus dem anfallenden Hausmüll, den hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen und dem Sperrmüll in NRW.

Bei den MVA wird bis zum Jahr 2025 abhängig von den Rahmenbedingungen durch Effizienzsteigerung (z. B. Erhöhung Dampfparameter, Turbinenverbesserung) eine ca. 5 % höhere Energieausbeute für Strom und für Wärme erwartet. Mit diesen Effizienzsteigerungen könnten aus den betrachteten Stoffströmen ca. 0,9 TWh/a Strom produziert und ca. 1,8 TWh/a Wärme exportiert werden (Kapitel 6, NRW-Leitszenario).

Tierische Nebenprodukte und Speisereste: Aufgrund fehlender Daten wurde für den Bereich der tierischen Nebenprodukte und Speisereste die Einschätzung des Biomasseaktionsplans NRW übernommen. Darin wird durch eine Umlenkung von Stoffströmen ein zusätzliches Potenzial von 0,75 TWh/a für realistisch gehalten. Im Rahmen dieser Studie wurde angenommen, dass diese Mengen überwiegend verbrannt werden. Auf diese Weise wären rund 0,25 TWh/a Strom und 0,5 TWh/a Wärme möglich.

Die aktuell in Müllverbrennungsanlagen energetisch erzeugten Mengen sind im Stoffstrom Hausmüll enthalten. Eine gesonderte Ausweisung ist aufgrund der Datenlage nicht möglich.

Holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial: Beim Landschaftspflegematerial wurde zwischen zwei Bereichen unterschieden. Zum einen wurden die tatsächlich unter den Begriff „Landschaftspflegematerial“ fallenden Materialien gefasst, die über die Grünflächen und Friedhöfe erfasst wurden. Zum anderen wurden die Potenziale des Straßenbegleitgrüns abgeschätzt, welche jedoch rechtlich nicht eindeutig dem Landschaftspflegematerial zugerechnet werden.

Im Bereich der Landschaftspflegematerialien wurden ein Strompotenzial von mindestens 0,24 TWh und ein Wärmepotenzial von mindestens 0,69 TWh pro Jahr abgeschätzt. Darüber hinaus wurde zur Ermittlung der maximalen Potenziale eine intensivere Nutzung der Landschaftspflegematerialien mit einem Erschließungsfaktor von 75 % anstatt 50 % angesetzt, sowie der Grasschnitt des Straßenbegleitgrüns mit einbezogen. So wären zusätzlich 0,15 TWh Strom und 0,29 TWh Wärme möglich (Kapi-

²⁰ Inkl. Verbrennungslinien für Gewerbeabfälle in RZR Herten II

tel 6, NRW-Leitszenario). Die Potenziale verteilen sich entsprechend der Verteilung der Grünanlagen und Friedhöfe und der Straßenlänge pro Verwaltungseinheit.

Für die bereits genutzten Anteile wurden keine Zahlen angegeben, da keine eigenen Anlagen zur Behandlung von Landschaftspflegematerial vorhanden sind. Die heute erfassten Mengen werden bereits über bestehende Anlagen zur Biogaserzeugung und Holzverbrennung eingesetzt. Die Mobilisierung weiterer Mengen wird jedoch als schwierig angesehen. In der Regel verbleibt der Grünschnitt bzw. das gehackte Holz auf der Fläche und wird nicht energetisch genutzt.

Zusammenfassendes Fazit:

Zusammengefasst liegen im Bereich Abfall Strompotenziale zwischen 2,9 und 3,5 TWh pro Jahr vor. Die bestehenden Anlagen erzeugen heute bereits 3,1 TWh Strom. Dieses macht deutlich, dass schon heute in NRW ein hohes Niveau der Abfallbewirtschaftung erreicht ist.

Den größten Beitrag der Gesamtpotenziale liefert die Gewinnung von Strom aus Altholz, gefolgt von Hausmüllverbrennungsanlagen. Bei beiden Abfallströmen sind jedoch nur geringe Ausbaupotenziale erkennbar. Ausbaupotenziale liegen vor Allem in der Effizienzsteigerung im Müllverbrennungsbereich sowie einer verstärkten Umlenkung von Bioabfall in Vergärungsanlagen. Dies würde Investitionen in die bestehenden Anlagen voraussetzen. Der Bereich Landschaftspflegematerial bietet noch im Vergleich zu den anderen Stoffströmen größere Ausbaupotenziale, die aber schwierig zu erschließen sind. Hier existieren bis dato weder die Erntetechnik noch die Anlagen zu einer wirtschaftlichen Verwertung. Deponiegas wird ab 2030 aufgrund sinkender Methanmengen keinen Beitrag mehr leisten.

Im Bereich Wärme wurden im Rahmen der Studie machbare Potenziale zwischen 6,3 und 7,3 TWh/a ermittelt. Die bestehenden Anlagen erzeugen heute bereits 6,2 TWh pro Jahr. Den größten Teil liefert die energetische Verwertung von Altholz, gefolgt von Hausmüll. Ausbaupotenziale liegen ebenso wie im Strombereich in der Erschließung des Landschaftspflegematerials, durch technische Optimierung der MVA und in der Umlenkung von Bioabfall oder Klärschlämmen. Grundsätzlich ist für den Wärmebereich zu sagen, dass große Anteile der produzierten Wärmemengen vor Ort nicht genutzt werden. Es bestehen also noch größere Potenziale durch den Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen.

Tabelle 117: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Planungsregion: Minimale und maximale Strom- und Wärmepotenziale

Planungsregion	minimales Strompotenzial [MWh/a]	maximales Strompotenzial [MWh/a]	minimales Wärmepotenzial [MWh/a]	maximales Wärmepotenzial [MWh/a]
Münster	226.548	303.641	492.412	614.815
Detmold	296.931	381.279	642.693	782.491
Arnsberg	212.093	263.112	466.758	532.358
RVR	895.163	1.035.153	1.940.033	2.144.973
Düsseldorf	569.518	668.344	1.226.373	1.374.684
Köln	698.809	858.861	1.526.767	1.773.001
NRW*	2.899.062	3.510.390	6.295.036	7.222.323

* Hier fehlen 25.000 MWh Strom und 50.000 MWh Wärme der tierischen Nebenprodukte, da nicht regionalisiert.

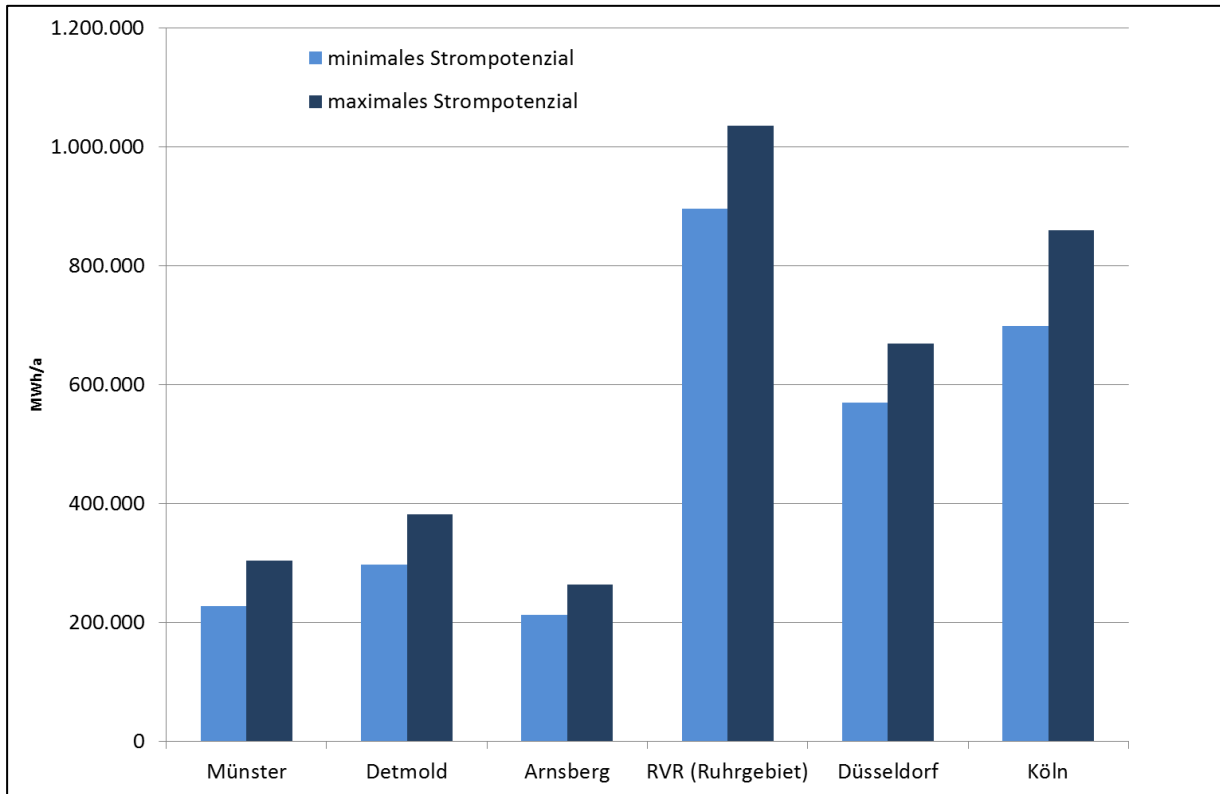


Abbildung 82: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Planungsregionen: Minimale und maximale Strompotenziale pro Jahr

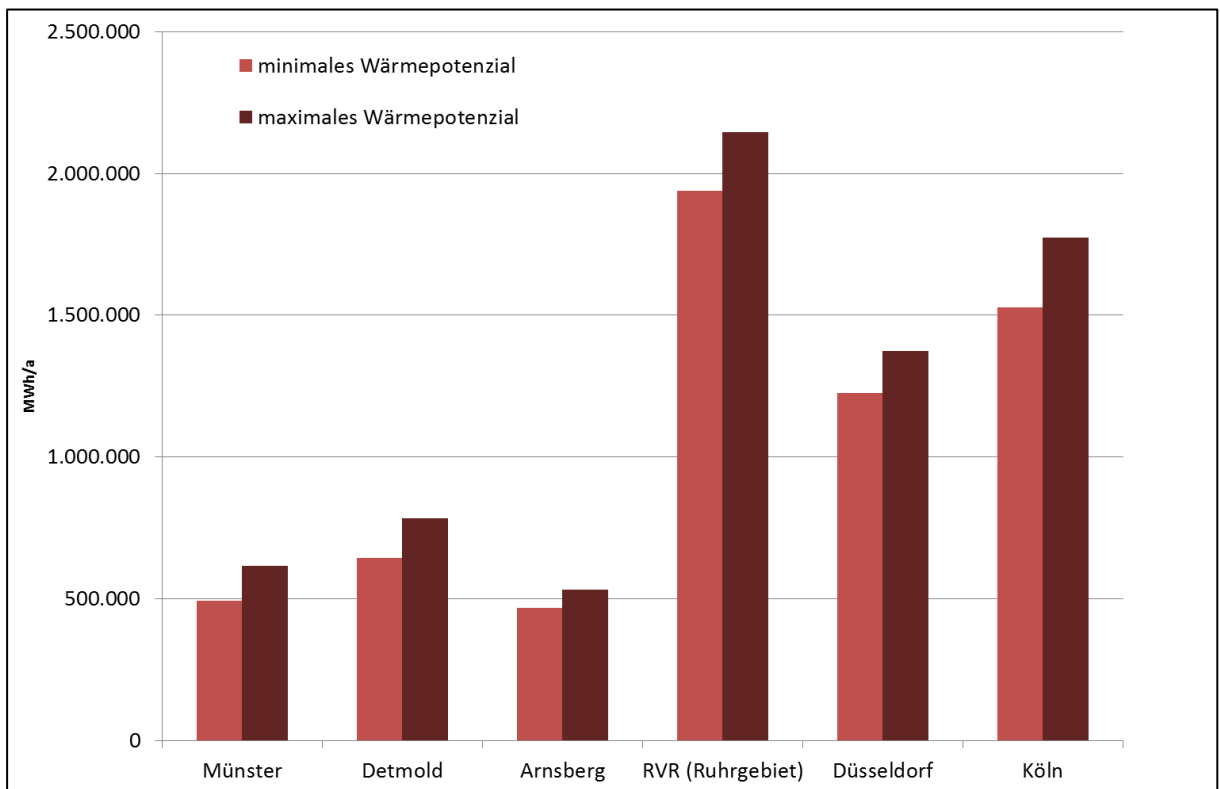


Abbildung 83: Gesamtergebnis Abfallwirtschaft nach Planungsregionen: Minimale und maximale Wärmepotenziale pro Jahr

Das Ergebnis der Potenzialermittlung aufgegliedert nach Planungsregionen zeigt, dass die Potenziale in der Abfallwirtschaft deutlich den Bevölkerungszahlen folgen. Daher ist in den Planungsregionen RVR, Köln und Düsseldorf das Potenzial im Vergleich zu den übrigen Planungsregionen besonders hoch. Der RVR liegt an der Spitze mit rund 0,99 TWh potenzieller maximaler Stromproduktion und 2,09 TWh potenzieller maximaler Wärmeproduktion pro Jahr. Es folgen die Planungsregionen Köln und Düsseldorf. Die niedrigsten Potenziale im Abfallbereich liegen im Regierungsbezirk Arnsberg.

In der Abfallwirtschaft steht an erster Stelle die Abfallvermeidung vor der Verwertung. Zusätzliche Potenziale können demnach nicht über zusätzliche Abfallmengen erschlossen werden, sondern nur über eine qualitativ verbesserte Nutzung vorhandener Abfälle. In die maximalen Szenarien der einzelnen Stoffströme sind die wesentlichen Überlegungen hin zu einem qualitativen Ausbau der energetischen Nutzung von Abfällen durch Effizienzsteigerung von Anlagen, erhöhte Abschöpfung sowie Umlenkung von Stoffströmen berücksichtigt worden. Darüber hinaus ist es im Sinne von Klima- und Ressourcenschutz sinnvoll, die bereits produzierte Wärme an den vorhandenen Anlagen zu nutzen. Hierzu müsste an sinnvoller Stelle in Nah- und Fernwärmenetze investiert werden. Die Ergebnisse der maximalen Szenarien gehen in das NRW-Leitszenario in Kapitel 6 ein. Die neue NRW-Biomassestrategie, die auf Basis der Studienergebnisse erarbeitet werden soll, sollte geeignete Maßnahmen zum Erreichen dieser Ziele formulieren.

5.5 Nutzungskonkurrenzen in der Abfallwirtschaft

In der Abfallwirtschaft gibt es in dem Sinne keine flächenbasierten Nutzungskonkurrenzen. Konkurrenzen bestehen zwischen den unterschiedlichen Entsorgungswegen, da Abfälle teilweise sowohl stofflich als auch energetisch und in der energetischen Schiene in unterschiedlichen Anlagentypen eingesetzt werden können. Die Konkurrenzsituation zwischen stofflicher und energetischer Verwertung betrifft z.B. das Altholz. Althölzer der Kategorien A I bis A III können nach einer Aufbereitung auch stofflich, z.B. in der Spanplattenindustrie eingesetzt werden. Hier kann nach mehreren Umläufen auch ein Kaskadeneffekt eintreten. Dies bedeutet, dass das Holz solange stofflich genutzt wird, wie es geeignet ist. Im Anschluss wird es dann energetisch verwertet. Eine Kaskadennutzung sollte aus Gründen des Ressourcenschutzes immer im Vordergrund stehen. Im Bereich der Bio-/Grünabfälle liegt die Konkurrenzsituation zwischen der Kompostierung und der Vergärung, wobei heute auch eine Kombination der Verfahrensschritte eingesetzt wird.

6 Machbare Gesamtpotenziale für Land-, Forst- und Abfallwirtschaft

In **Tabelle 118** sind die minimalen und maximalen machbaren Gesamtpotenziale (Ausbaupotenzial plus bereits produzierte Energiemengen) sowie die Potenziale des NRW-Leitszenarios der drei Sektoren Land-, Forst- und Abfallwirtschaft den bereits heute produzierten Strom- und Wärmemengen gegenübergestellt:

Tabelle 118: Gesamtpotenziale der drei berechneten Sektoren

Sektor	Strom [TWh/a]			Wärme [TWh/a]			Bereits produziert [TWh/a]	
	Minimal	Leitwert	Maximal	Minimal	Leitwert	Maximal	Strom	Wärme
Landwirtschaft	2,60	4,65	9,57	11,36	12,00	15,64	1,41	1,75
Forstwirtschaft	0,16	0,16	0,22	3,25	4,25 ⁴⁾	5,53 ⁴⁾	0,15 ¹⁾	3,03 ¹⁾
Abfallwirtschaft	2,9	3,54	3,54	6,30	7,27	7,27	3,09 ²⁾	6,17 ²⁾
Summe	5,66	8,35	13,33	20,91	23,52⁴⁾	28,44⁴⁾	4,65³⁾	10,94³⁾

¹⁾berechnete erzeugte Energiemenge aus nordrhein-westfälischer Biomasse. Insgesamt werden in den FW-Anlagen in NRW durch zusätzliche Importe von Holz ca. 0,44 TWh Strom und 7,09 TWh Wärme pro Jahr erzeugt (s. **Tabelle 67**). ²⁾erzeugte Energiemenge in nordrhein-westfälischen Anlagen. ³⁾Unter Berücksichtigung der Importe aus der Forstwirtschaft werden aktuell 4,95 TWh Strom und 15,0 TWh Wärme pro Jahr in nordrhein-westfälischen Anlagen produziert. ⁴⁾Das Effizienzpotenzial privater Einzelfeuerstätten in Höhe von 1 TWh/a ist hier mit eingerechnet.

Tabelle 118 zeigt, dass die aktuellen Biomassekonversionsanlagen in NRW 4,7 TWh Strom und 10,9 TWh Wärme pro Jahr aus Biomasse aus NRW gewinnen – unter Berücksichtigung der Importe im Forstbereich 5 TWh Strom und 15 TWh Wärme. In Bezug auf den Wärmesektor muss zusätzlich beachtet werden, dass nicht bekannt ist, ob diese Wärme auch genutzt wird – sprich, ob eine ortsnahe Verwendung oder Einspeisung in ein Nah- oder Fernwärmenetz erfolgt.

Die Potenzialanalyse für alle drei Sektoren weist – wenn der Bestand rein rechnerisch abgezogen wird – in den *minimalen Szenarien* keine nennenswerten Ausbaupotenziale aus. Einzig in der Landwirtschaft könnten im Wärmebereich mehr als 10 TWh/a zusätzlich mobilisiert werden. Dieses Potenzial resultiert zum größten Teil aus Erntenebenprodukten. Hier ist anzumerken, dass dieses Potenzial als relativ schwer zu heben gilt. In der Abfallwirtschaft liegen die minimalen Strompotenziale unter der aktuellen Nutzung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Szenarien ausschließlich Haus- und Sperrmüll sowie hausmüllähnliche Gewerbeabfälle betrachten, die den Kommunen überlassen werden. Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen wurden nicht betrachtet.

Unter Annahme der *maximalen machbaren Potenziale* ließe sich allein im Sektor Landwirtschaft durch Anbaubiomasse ein nennenswerter Zuwachs der energetischen Nutzung realisieren (**Tabelle 118**). Dies würde aber bedeuten, dass die in der Studie angelegten strengeren (im Vergleich zu den aktuell gültigen) Nachhaltigkeitsstandards in der Realität nicht umgesetzt werden würden. Dies kann zu einer erheblichen zusätzlichen Flächeninanspruchnahme durch Anbaubiomasse führen.

Im *NRW-Leitszenario* werden im Sinne der Ziele der Landesregierung eines nachhaltigen und naturverträglichen Ausbaus der energetischen Biomassenutzung strengere Umwelt- und Naturschutzauf-

gen angenommen. Ambitioniertere Stickstoffgrenzen und Naturschutzauflagen in der Landwirtschaft - wie sie heute nicht gelten - begrenzen im Szenario NATUR die zusätzliche Flächenbelegung mit Energiepflanzen. Dadurch ist ein naturverträglicher Ausbau möglich. In der Forstwirtschaft ist ein qualitativer Ausbau der energetischen Biomassenutzung ebenfalls unter einem ambitionierteren Naturschutz und Kaskadennutzung denkbar (Szenario NATUR II). In der Abfallwirtschaft sind Potenziale durch eine effizientere Verwertung von Abfall und Umlenkung von Stoffströmen zu erschließen (maximale Szenarien). Ein solches moderates Ausbauszenario würde ein Strompotenzial in der Größenordnung von 8,4 TWh/a ermöglichen (**Tabelle 118, Abbildung 84**).

In allen Szenarien kann die energetische Nutzung von Wirtschaftsdünger noch ausgebaut sowie die Anlageneffizienz erhöht werden. Dies ist vor dem Hintergrund eines Nährstoffmanagement sowie aus Klimaschutzgründen anzustreben.

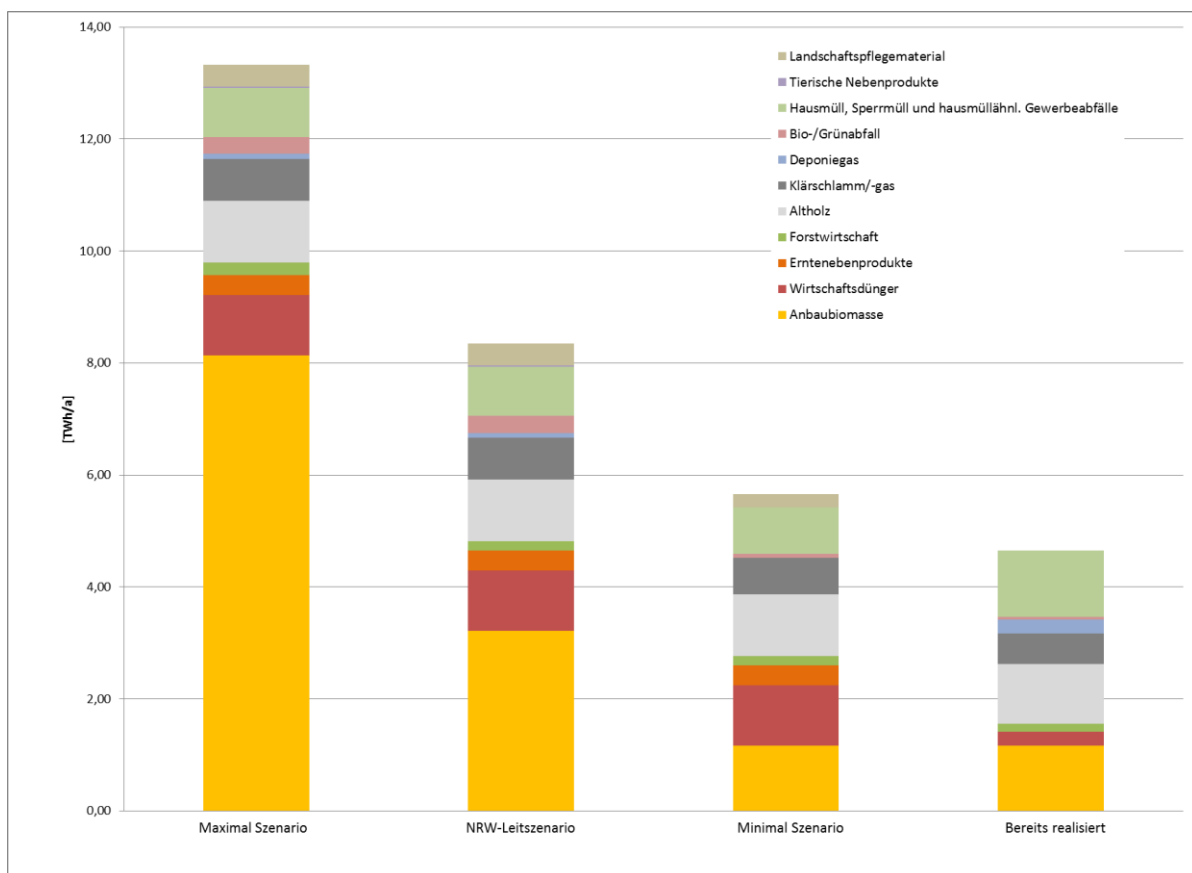


Abbildung 84: Strom – Gesamtpotenziale sowie Bestand der einzelnen betrachteten Stoffströme.

Im Wärmebereich haben strengere Umwelt- und Naturschutzauflagen in der Landwirtschaft den Effekt, dass die gekoppelten Erntenebenprodukte zunehmen würden, wenn die Nutzung von Anbaubiomasse abnimmt (**Abbildung 85**). Im Forstbereich liegen bei Betrachtung der NRW-eigenen Biomasse nur noch geringe Ausbaupotenziale vor. Diese liegen in der Regel im nicht-organisierten Privatwald, was die Hebung dieser Potenziale sehr erschwert. Effizienzpotenziale werden im Bereich privater Einzelfeuerstätten in Höhe von 1 TWh/a gesehen. Im Bereich Abfall wird deutlich, dass selbst bei einer maximalen Ausschöpfung der NRW-eigenen Abfälle wahrscheinlich keine nennenswerte Steigerung der aktuellen Energieproduktion resultiert. Beiträge können durch Effizienzsteigerungen beste-

hender Anlagen, der Umlenkung von Stoffströmen oder der Nutzung von Landschaftspflegematerial im Strom- und Wärmebereich erschlossen werden. Unter Annahme einer begrenzten Flächeninanspruchnahme und Ausnutzung der Effizienzpotenziale könnte gemäß NRW-Leitszenario aus der energetischen Biomassenutzung etwa 23,5 TWh/a Wärme gewonnen werden (**Tabelle 118, Abbildung 85**).

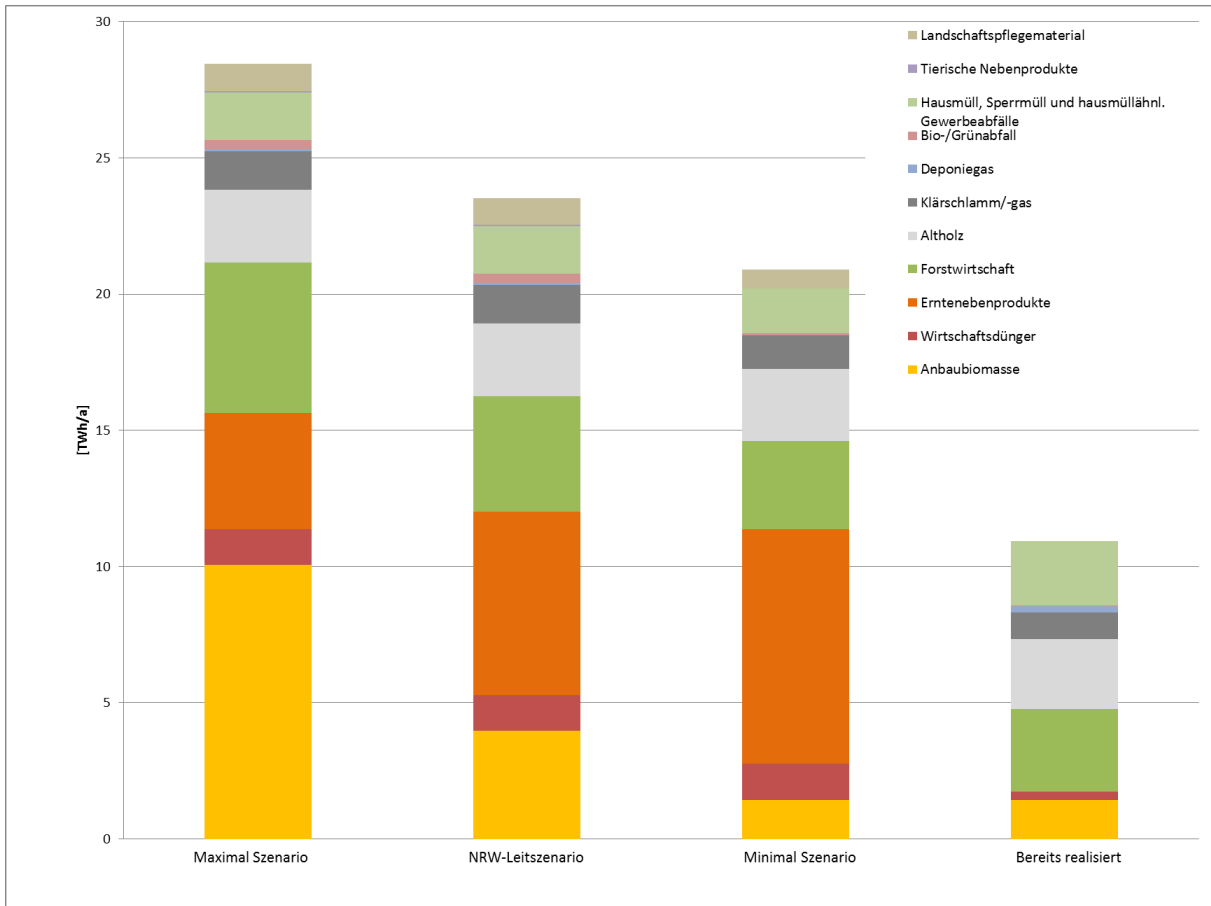


Abbildung 85: Wärme – Gesamtpotenziale sowie Bestand der einzelnen betrachteten Stoffströme. Im Maximal-Szenario und im NRW-Leitszenario ist das Effizienzpotenzial privater Einzelfeuerstätten in der FW eingerechnet.

6.1 Regionale Verteilung der machbaren Gesamtpotenziale Strom

Einen Überblick über die Verteilung der machbaren Gesamtpotenziale für Strom in den einzelnen Planungsregionen gibt **Abbildung 86**.

Bei Betrachtung der *minimalen machbaren Gesamtpotenziale* in den Planungsregionen zeigt sich, dass beim minimalen Strompotenzial die Planungsregion Münster mit ca. 1,14 TWh/a die höchsten Werte aufweist, knapp gefolgt von Köln (1,10 TWh/a) und dem RVR (1,07 TWh/a). Im RVR liegt der Schwerpunkt aufgrund der hohen Einwohnerzahlen deutlich im Abfallbereich – genauso wie in den Planungsregionen Düsseldorf und Köln. In Arnsberg, Detmold und Münster kann die Verstromung von Abfall nur einen geringeren Beitrag leisten. Der Schwerpunkt in Münster und Detmold liegt in der Nutzung der landwirtschaftlichen Potenziale, wobei in beiden Planungsregionen die Nutzung von Anbaubiomasse schon heute eine bedeutende Rolle spielt und darum in den minimalen Gesamtpotenzialen den Hauptanteil stellt. Eine Steigerung ist hier vor allem durch die Nutzung von Wirtschaftsdüngern

möglich. Erntenebenprodukte spielen bei der Verstromung eine untergeordnete Rolle. In der Planungsregion RVR hat die Landwirtschaft nur eine geringere Bedeutung. Die Forstwirtschaft leistet im Strombereich in allen Planungsregionen nur einen vergleichsweise kleinen Beitrag. Der höchste Beitrag wird in der Planungsregion Arnsberg erzielt. In der Abfallwirtschaft sind bis auf den Sonderfall des Landschaftspflegematerials incl. des Begleitgrüns die Stoffströme vollständig erfasst. Im Bereich Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall und Sperrmüll werden mit vermehrter Abfalltrennung und dem Bevölkerungsrückgang keine nennenswerten Ausbaupotenziale erwartet.

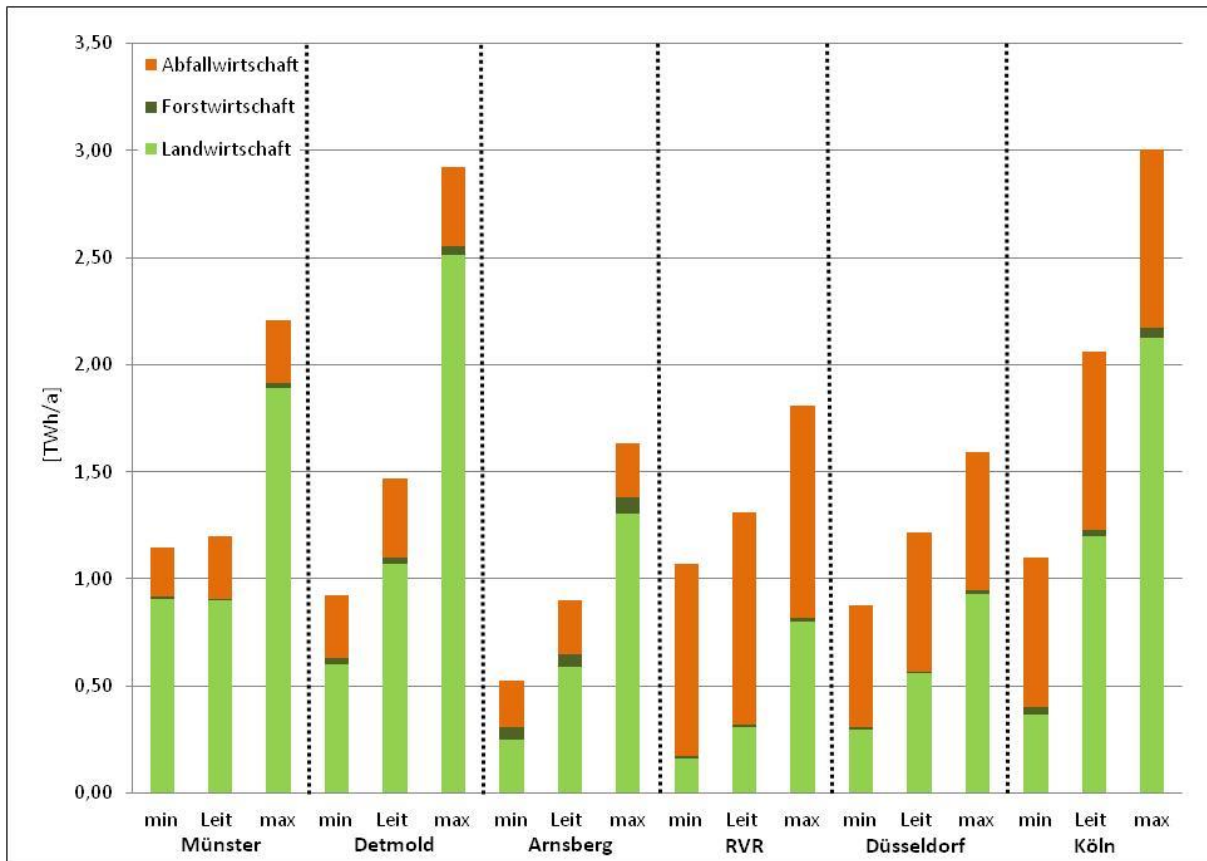


Abbildung 86: Machbare Gesamtpotenziale Strom in den Planungsregionen für die Sektoren Land-, Forst- und Abfallwirtschaft.

Bei den *maximalen machbaren Gesamtpotenzialen* für Strom zeigt die Planungsregion Köln (ca. 3,0 TWh/a) insgesamt das größte Potenzial; danach folgen Detmold (ca. 2,9 TWh/a) und Münster (2,2 TWh/a). Die Verstromung von landwirtschaftlicher Anbaubiomasse liefert bei den maximalen Gesamtpotenzialen deutlich größere Anteile als bei den minimalen Potenzialen, so dass Planungsregionen mit viel landwirtschaftlicher Fläche höhere Potenziale aufweisen. Entscheidend ist hier, dass durch die weniger strengen Umwelt- und Naturschutzaufgaben, die dem Maximal-Szenario zugrunde liegen, die Mengen an Anbaubiomasse zur Gewinnung von Bioenergie erheblich ansteigen. Durch die zusätzlich benötigten Flächen für Anbaubiomasse wird jedoch weniger Getreide angebaut. Dadurch sinkt der Getreideexport, oder Getreide bzw. andere Futtermittel müssen importiert werden. Gleichzeitig geht das Potenzial an Erntenebenprodukten zurück. Die Spanne zwischen minimalen und maximalen machbaren Gesamtpotenzialen im Abfallbereich ist im Vergleich zur Landwirtschaft relativ gering, da die anfallenden Abfallmengen – bis auf das schwierig zu erfassende Landschaftspflegematerial –

bereits heute fast vollständig verwertet werden. Damit sind keine nennenswerten energetischen Potenziale zu verzeichnen. Möglichkeiten im Abfallbereich betreffen damit fast ausschließlich die Anlagenoptimierung (z.B. Verbrennungsanlagen) und eine Umlenkung von Stoffströmen (z.B. von Kompostierung in Vergärungsanlagen). In allen Planungsregionen spielt die Forstwirtschaft bei den maximalen Gesamtpotenzialen nur eine untergeordnete Rolle.

Das Leitszenario liegt in allen Planungsregionen zwischen den minimalen und maximalen Gesamtpotenzialen. Auffallend ist, dass in der Planungsregion Münster das Leitszenario fast dem minimalen Gesamtpotenzial entspricht. Dies ist darauf zurück zu führen, dass in Münster kein Ausbaupotenzial für Anbaubiomasse mehr vorhanden ist.

Die folgende Abbildung zeigt das machbare Gesamtpotenzial gemäß NRW-Leitszenario für Strom der drei Sektoren auf Kreisebene.

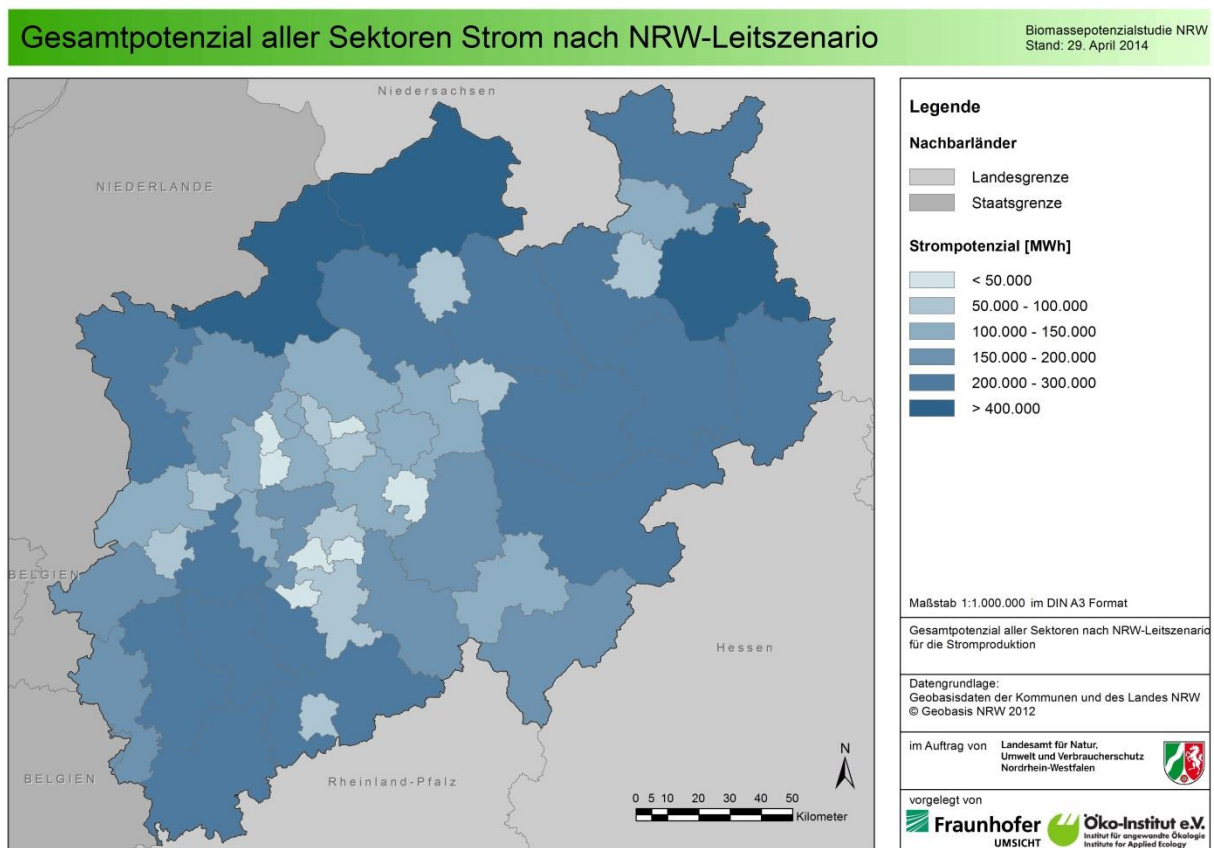


Abbildung 87: Gesamtpotenzial nach NRW-Leitszenario zur Stromerzeugung auf Kreisebene

6.2 Regionale Verteilung der machbaren Gesamtpotenziale Wärme

Einen Überblick über die Verteilung der machbaren Gesamtpotenziale für Wärme in den einzelnen Planungsregionen gibt **Abbildung 88**. Da das Effizienzpotenzial privater Einzelfeuerstätten in der Forstwirtschaft nicht regionalisiert vorliegt, ist es für die Planungsregionen nicht ausgewiesen.

Im Vergleich zu den Strompotenzialen fällt auf, dass im Wärmebereich die energetische Nutzung von Holz an Bedeutung gewinnt. Insbesondere in der Planungsregion Arnsberg stammt in allen drei Szenarien der größte energetische Anteil aus der Forstwirtschaft. Genauso wie im Strombereich spielt der

Sektor Abfallwirtschaft in den bevölkerungsreichen Planungsregionen Köln, RVR und Düsseldorf eine bedeutendere Rolle, als in den eher ländlich geprägten Planungsregionen Detmold und Münster sowie in der Wald-dominierten Planungsregion Arnsberg. Das größte *minimale Gesamtpotenzial* sowie nach NRW-Leitszenario für Wärme findet sich in der Planungsregion Münster (ca. 4,6 TWh/a), gefolgt von Detmold und Köln. In Münster und Detmold spielen bei der Landwirtschaft im Minimal-Szenario die Erntenebenprodukte für die Wärmergewinnung eine bedeutende Rolle. Bei den *maximalen Gesamtpotenzialen* für Wärme weisen die Planungsregionen Münster, Köln und Detmold das größte Potenzial auf (ca. 5,5 TWh/a). Die Planungsregion mit den geringsten Wärmepotenzialen in allen drei Szenarien ist Düsseldorf.

Abbildung 88 und **Abbildung 89** zeigen die ausgewiesenen Gesamtpotenziale für Wärme auf Planungs- und Kreisebene:

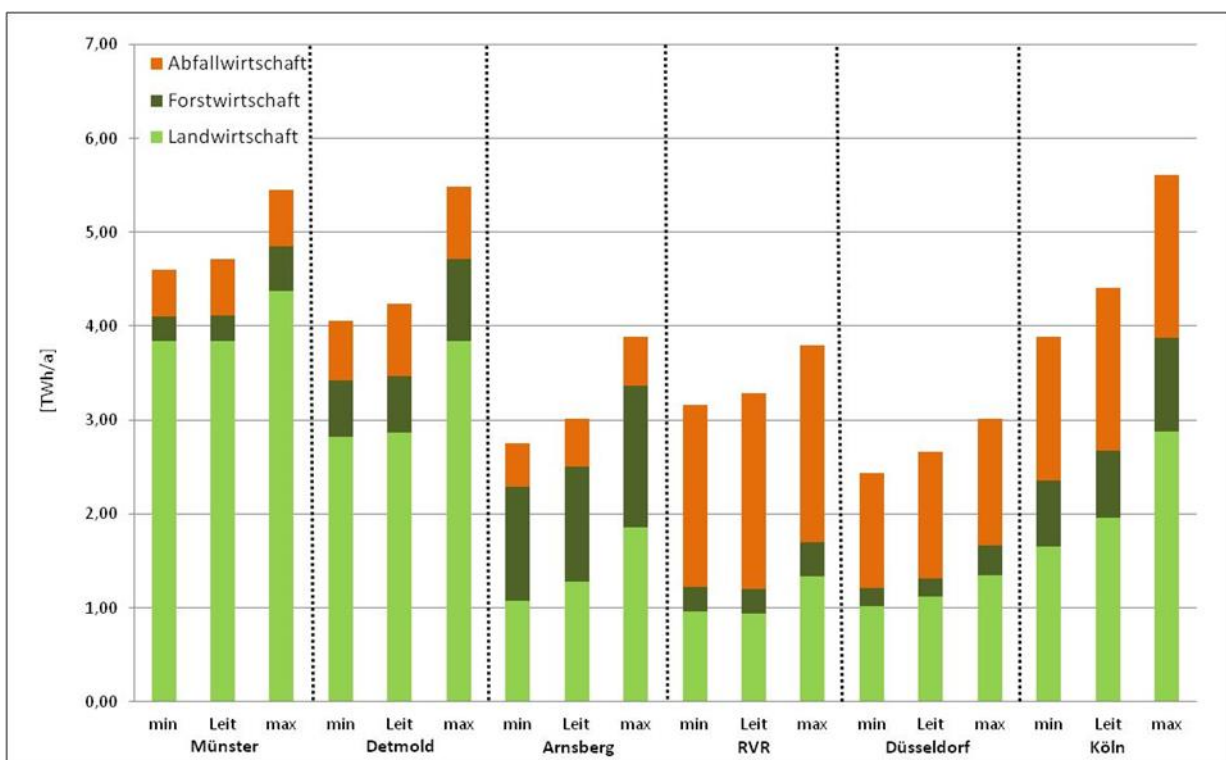


Abbildung 88: Machbare Gesamtpotenziale Wärme in den Planungsregionen für die Land-, Forst- und Abfallwirtschaft

Gesamtpotenzial aller Sektoren Wärme nach NRW-Leitszenario

Biomassepotenzialstudie NRW
Stand: 24. April 2014

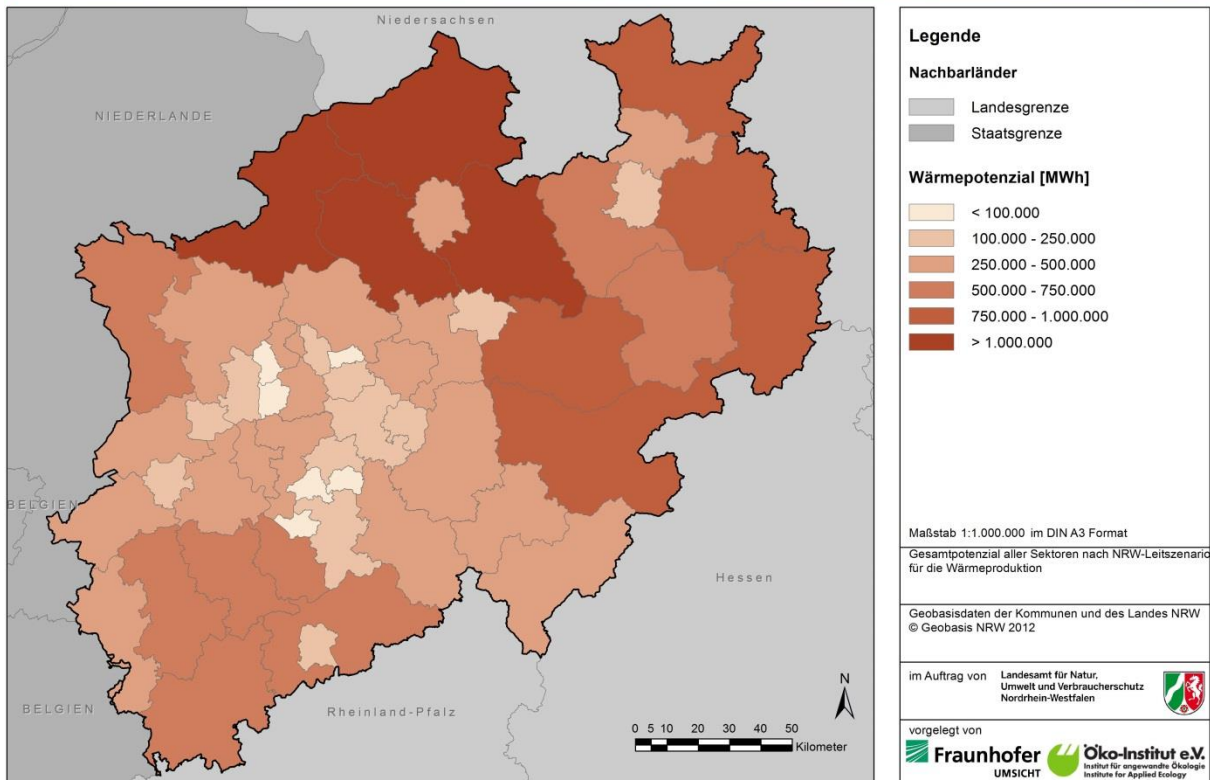


Abbildung 89: Gesamtpotenzial nach NRW-Leitszenario zur Wärmeherzeugung auf Kreisebene

6.3 Fazit

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in NRW im Bereich der Bioenergie je nach Szenario machbare Strompotenziale zwischen 5,7 TWh/a (Minimal-Szenario) und 13,2 TWh/a (Maximal-Szenario) vorliegen. Demgegenüber werden im aktuellen Anlagenbestand 5 TWh/a Strom erzeugt. Davon stammen wiederum bis zu 4,7 TWh/a aus heimischer Biomasse. Im Bereich der Wärme sind insgesamt je nach Szenario machbare Potenziale zwischen 20,9 TWh/a (Minimal-Szenario) und 27,3 TWh/a (Maximal-Szenario) realisierbar. Aktuell werden knapp 15,0 TWh/a Wärme in nordrhein-westfälischen Anlagen produziert, davon bis zu 10,9 TWh/a aus nordrhein-westfälischer Biomasse. Dabei gibt es allerdings keine Daten, wie viel von dieser produzierten Wärmeenergie auch tatsächlich genutzt wird.

Insgesamt wird deutlich, dass ein großer Anteil der Biomasse-Potenziale in NRW bereits genutzt wird. Darüber hinaus kann die Bioenergie mit *maximal* 13 TWh/a Strom und 28 TWh/a Wärme nur eine im Vergleich zu Wind und Solar eher untergeordnete Rolle bei den Zielen der Landesregierung spielen: das LANUV hat ein Strompotenzial für Wind und Solar von jeweils mehr als 70 TWh/a in NRW errechnet (LANUV 2012a & 2013b).

Im Hinblick auf die NRW-Landesziele, den weiteren Ausbau der energetischen Biomassennutzung unter qualitativen und nachhaltigen Aspekten zu betreiben, sollten die identifizierten Potenziale unter Abwägung der unterschiedlichen Interessen diskutiert werden. Besonders die Naturverträglichkeit beim Anbau der Biomasse und der Umweltschutz sollten dabei im Vordergrund stehen. Strengere Umwelt- und Naturschutzaufgaben können die Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Fläche durch

Energiepflanzenanbau begrenzen, wobei gleichzeitig ein moderater Ausbau weiterhin möglich ist – wie das Landwirtschafts-Szenario NATUR zeigt. In der Forstwirtschaft entspricht ebenfalls ein ambitionierterer Naturschutz kombiniert mit Kaskadennutzung – Szenario NATUR II – sowie der Modernisierung privater Einzelfeuerstätten den qualitativen Zielen der Landesregierung. In der Abfallwirtschaft steht an erster Stelle die Abfallvermeidung, danach die effizientere Verwertung. Hier zeigen die maximalen Szenarien, dass durch die Steigerung von Anlageneffizienz sowie die Umlenkung von Stoffströmen die Energieausbeute aus Abfall noch leicht gesteigert werden kann. Ein solches NRW-Leitszenario unter Annahme einer begrenzten Flächeninanspruchnahme sowie der Ausnutzung der Effizienzpotenziale und Umlenkung von Stoffströmen würde bedeuten, dass die Biomasse in NRW etwa 8,4 TWh/a Strom und 23,5 TWh/a Wärme zur Energiewende in NRW beitragen könnte.

Insgesamt ergeben sich für die identifizierten Potenziale folgende Anforderungen:

1. Aktuell werden bereits große Mengen an Wärmeenergie produziert, oft wird diese Wärme aber nicht genutzt. Um die Biomasse effizient zu verwerten, sollte darauf hingearbeitet werden, diese auch weitgehend zu nutzen, bspw. über Nah- und Fernwärmenetze.
2. Ein Schwerpunkt für zusätzliches Potenzial sollte in der Effizienzsteigerung bestehender Bioenergieanlagen gesetzt werden. So liegt das Effizienzpotenzial privater Einzelfeuerstätten in der Forstwirtschaft im Vergleich zur Mobilisierung weiterer Holzvorräte im unorganisierten Privatwald ungleich höher und ist leichter zu realisieren. Auch im Abfallbereich werden Potenziale durch effizientere Anlagen oder Umlenkung von Stoffströmen gesehen.
3. Nennenswerte Ausbaumöglichkeiten der Strom- und Wärmepotenziale bestehen unter den aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen insbesondere im Bereich der Landwirtschaft durch eine Ausweitung der Anbaubiomasse. Dies würde bestehende Nutzungen (bspw. Nahrungs- und Futtermittelproduktion) in andere Bundesländer oder Staaten verlagern. Eine Verschärfung der geltenden Umwelt- und Naturschutzauflagen kann die Flächeninanspruchnahme durch die Nutzung von Anbaubiomasse begrenzen, wie im Landwirtschafts-Szenario NATUR berechnet. Die NRW-Biomassestrategie, die auf Basis der Potenzialstudie Biomasse erarbeitet werden soll, sollte hier Maßnahmen formulieren, wie dieses Flächenpotenzial unter nachhaltigen Kriterien erschlossen werden kann.
4. Ein weiterer Fokus in der Landwirtschaft sollte auf die Nutzung von Wirtschaftsdünger gelegt werden.
5. Im Bereich der Wärme können Erntenebenprodukte einen wichtigen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten. Eine Umsetzung wird allerdings als technisch schwierig eingestuft. In der Forstwirtschaft liegen hier nur noch geringe Potenziale aus nordrhein-westfälischer Biomasse vor. Diese müssten vor allem durch die Mobilisierung von Biomasse aus den nicht-organisierten Privatwäldern erschlossen werden. Auch dies gilt als schwierig umsetzbar.
6. In der Abfallwirtschaft sind fast alle Mengen, bis auf das technisch und logistisch aufwändig zu erschließende Landschaftspflegematerial, bereits in Anlagen gebunden. Potenziale könnten im technischen Bereich, wie beispielsweise durch die Modernisierung der Anlagentechnik, gehoben werden (Voraussetzung u.a.: stabile Preise für produzierte Energie, sicherere Stoffströme). Eine andere Möglichkeit wäre eine Umlenkung von Stoffströmen, beispielsweise von einer Kompostierung hin zu einer Vergärung.

7. Eine Kaskadennutzung sollte gefördert werden (z.B. stoffliche (Mehrfach-)Nutzung mit anschließender energetischer Nutzung). Eine mehrstufige Nutzung der Biomasse senkt die Nutzungskonkurrenzen zwischen den Branchen und entlastet den Nutzungsdruck auf die Fläche und die zur Verfügung stehende Biomasse.

Literatur

Abfallrecht 2012: Beck Texte im dtv: KreislaufwirtschaftsG mit Verordnungen, Abfallverbringungsrecht, 16. Auflage 2012, ISBN: 978-3-423-05569-7.

AEE 2011: Anbau von Energiepflanzen. Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale. Agentur für Erneuerbare Energien AEE. http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/34_Renews_Spezial_Energiepflanzen_jul11_online.pdf, letzter Zugriff: 26.09.2012.

AEE 2012a: föderal erneuerbar - Bundesländer mit neuer Energie, hier Daten von NRW. Agentur für Erneuerbare Energien AEE. <http://www.foederal-erneuerbar.de/startseite>, letzter Zugriff: 02.01.2013.

AGEE-Stat 2012: Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011. Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik AGEE-Stat. http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_in_deutschland_graf_tab.pdf, letzter Zugriff 27.08.2013.

ASA 2013: MBA-Steckbriefe 2010/2011 - Aktuelle Daten von MBA-, MBS- und MPS-Anlagen und Kraftwerken für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen in Deutschland. Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung ASA.

Bach et al. 2005: Assessment of Agricultural Nitrogen Balances for Municipalities - Example Baden-Wuerttemberg (Germany). EWA online

BASt 2006: Energetische Verwertung von Grünabfällen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft V150. Bundesanstalt für Straßenwesen BASt.

BBE 2012: (Hrsg.): Kurzumtriebsplantagen: Endlich das Potential heben! Gemeinsame Stellungnahme des Deutschen Bauernverbandes (DBV) und des Bundesverbandes BioEnergie. Bundesverband BioEnergie e.V. BBE.

Bilitewski 2006: EdDe – Dokumentation 13: Energieeffizienzsteigerung und CO₂-Vermeidung bei der Müllverbrennung - Technische und wirtschaftliche Bewertung, <http://www.entsorgungsgemeinschaft.de/index.php?id=143>.

BLE 2010: Leitfaden Nachhaltige Biomasseherstellung. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung BLE.

http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/02_Kontrolle/05_NachhaltigeBiomasseerzeugung/LeitfadenNachhaltigeBiomasseherstellung.pdf?__blob=publicationFile, letzter Zugriff 12.12.2012.

BMBF 2009: Biogaseinspeisung. Band 6 Entwicklung und Anwendung einer GIS-Applikation zur Standortfindung und Potenzialanalyse der Biomethanherzeugung. Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF. Oberhausen.

BMELV 2011a: Holzmarktbericht 2011. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV. http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Wald-Jagd/Holzmarktbericht-2011.pdf?__blob=publicationFile, letzter Zugriff: 18.12.2012.

BMELV 2011b: Ökologischer Landbau. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV. http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Oekolandbau/Tabelle1Oekolandbau_nD.html;jsessionid=C028185D9FE08BC42D66B87B1EB69A44.2_cid288, letzter Zugriff: 10.12.2012.

BMELV 2012: Dritte Bundeswaldinventur gestartet. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV. <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Wald-Jagd/WaldBodenZustand/Bundeswaldinventur.html/>, letzter Zugriff: 24.09.2012.

BMELV 2013: Cross-Compliance. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV. <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Foerderung/Direktzahlungen/Cross-Compliance.html>, letzter Zugriff 05.06.2013.

BMU 2007: Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (vom Bundeskabinett am 7. November 2007 beschlossen). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit BMU. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/monitoring/biolog_vielalt_strategie_nov07.pdf.

BMU 2012: Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen – Anregungen für kommunale Entscheidungsträger. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit BMU.

Chemie.de 2013a: Fermentation. Information Service GmbH (Hrsg.). <http://www.chemie.de/lexikon/Fermentation.html>, letzter Zugriff 05.06.2013.

Chemie.de 2013b: Nährstoffsaldo. Information Service GmbH (Hrsg.). <http://www.chemie.de/lexikon/N%C3%A4hrstoffsaldo.html>, letzter Zugriff 05.06.2013.

Chemie.de 2013c: Pasteurisierung. Information Service GmbH (Hrsg.). <http://www.chemie.de/lexikon/Pasteurisierung.html>, letzter Zugriff 05.06.2013.

Clearingstelle EEG 2009: Empfehlung „Landschaftspflege-Bonus im Sinne des §27 Abs. 4 Nr. 2 i.V.m. Anlage 2 EEG 2009“.

DBFZ 2011: Fokusheft Landschaftspflege. Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH DBFZ.

DBFZ 2011a: DBFZ Report Nr. 8 – Kompakt. Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH DBFZ. http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/DBFZ_Reports/dbfz_report_kompakt_web.pdf, letzter Zugriff: 02.10.2012.

DBFZ 2011b: Vergütungsrechner EEG-Einspeisung für Biogas, Version 1.6, 9/2011. Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH DBFZ. <http://www.dbfz.de/web/aktuelles/details/article/verguetungsrechner-eeg-2012-verfuegbar.html>, letzter Zugriff: 19.12.2012.

DBFZ 2012a: Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH DBFZ.

DBFZ 2012b: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht zur EEG-Periode 2009 bis 2011. FZK: 03MAP138. Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH DBFZ.

DBV 2011: Situationsbericht 2011/12 – Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Deutscher Bauernverband DBV. http://www.situations-bericht.de/pdf2012/Kap_01.pdf, letzter Zugriff: 19.12.2012.

DEPV 2012: Zertifizierung. Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.. <http://www.depv.de/holzpellets/pellets/normen/>, letzter Zugriff: 27.08.2013.

DESTATIS 2010: Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.

Döing et al. 2009: Der Markt für Biomassekraftwerke in Europa 2010/2011. Köln/Oberhausen.

DVGW 2010: Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes, Information Wasser Nr.73. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. DVGW.

DWA 2010: Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes, Merkblatt DWA-M 907. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V DWA.

EC (European Commission) 2010a: Communication from the Commission on the practical implementation of the EU biofuels and bioliquids sustainability scheme and on counting rules for biofuels. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:160:0008:0016:EN:PDF>.

EC 2011: Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. European Commission EC. http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/1_EN_ACT_part1_v7%5b1%5d.pdf. Letzter Zugriff 01.09.2013.

EC 2012: Proposal for a directive of the European Parliament and of the council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. European Commission EC. http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/doc/biofuels/com_2012_0595_en.pdf, letzter Zugriff 12.12.2012.

Eilermann 2012a: Emailantwort „Frage zu Straßenbegleitgrün“ von Frank Eilermann (Straßen.NRW) vom 02.11.2012.

Eilermann 2012b: Präsentation „Status quo im Landesbetrieb Straßenbau“, 10.10.2012.

EGST 2013: Gasverwertung Deponie Altenberge. Entsorgungsgesellschaft Steinfurt mbH EGST. <http://www.egst.de/gasverwertungsanlage.php>, letzter Zugriff: 16.01.2013.

EuWID 2012: Markt für Biogas-BHKW bricht in Folge der EEG-Novellierung 2012 ein. Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH EuWID. <http://www.euwid-energie.de/news/neue-energien/einzelansicht/Artikel/markt-fuer-biogas-bhkw-bricht-in-folge-der-eeg-novellierung-2012-ein.html>, letzter Zugriff: 19.12.2012.

Fachverband Biogas e.V. 2013: Massiver Rückgang im Anlagenneubau. Pressemitteilung vom 17. Mai 2013.

Fehrenbach 2006: Ökologische Bewertung der Klärschlamm Entsorgung. Symposium Klärschlamm Entsorgung, Aachen, 27./28.04.2006.

FNR 2007: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. FNR. <http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/heizen-mit-holz/handbuch-bioenergie-kleinanlagen.html>, letzter Zugriff: 02.10.2012.

FNR 2012: Gesetze und Verordnungen. Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. FNR. <http://www.bioenergie.de/rahmenbedingungen/gesetzeslage/erneuerbare-energien-gesetz-eeq/>, letzter Zugriff: 19.12.2012.

Freiamt 2007: Fleißiges Faulgas im Klärwerk http://www.freiamt.de/pdf_gemeinde/Handelsblatt180607.pdf, letzter Zugriff 16.06.2013.

Fritsche/Wiegmann 2011: Indirect Land Use Change and Biofuels; study prepared by Oeko-Institut for the European Parliament's Committee on Environment, Public Health and Food Safety; IP/A/ENVI/ST/2010-15. <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?language=en&file=35128>, letzter Zugriff 12.12.2012.

Fritz 2011: Brot oder Trog. Futtermittel, Flächenkonkurrenz und Ernährungssicherheit. Diakonisches Werk der EKD e.V. (Hrsg.). http://www.brot-fuer-die-welt.de/fileadmin/mediapool/2_Downloads/Fachinformationen/Analyse/analyse_34_futtermittelstudie.pdf, letzter Zugriff: 02.10.2012.

GeoDZ 2013: Mineralisierung. Geo Data Zone GeoDZ. <http://www.geodz.com/deu/d/Mineralisierung>, letzter Zugriff 05.06.2013.

HMUELV 2010: Biomassepotenzialstudie Hessen – Stand und Perspektiven der energetischen Biomassenutzung in Hessen. Materialband. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz HMUELV.

IFEU 2008: Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland. Positionspapier. Institut für Energie- und Umweltforschung IFEU. <http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/IFEU%20-%20Positionspapier%20Stroh.pdf>, letzter Zugriff: 23.10.2012.

IMA 2012: Wiki-Agrar-Lexikon. Selbstversorgungsgrad. information. medien. agrar. e.V. i.m.a. <http://www.agrilexikon.de/index.php?id=selbstversorgungsgrad>, letzter Zugriff: 24.09.2012.

Innovatherm 2007: Wohin mit dem Klärschlamm? - Regenerative Energie durch Abfallverwertung, http://denkum.dortmund.de/upload/binarydata_do4ud4cms/45/52/17/00/00/00/175245/08_-_Innovatherm_Luenen.pdf, letzter Zugriff 16.06.2013.

IPCC 2009: Direct Global Warming Potentials. Intergovernmental Panel on Climate Change IPPC. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html, letzter Zugriff: 16.01.2013.

IT.NRW 2010: Landwirtschaftszählung 2010, Auswertungen auf Gemeindeebene, unveröffentlicht. Information und Technik Nordrhein-Westfalen IT.NRW.

IT.NRW 2011: Bodennutzung in NRW 2011. Information und Technik Nordrhein-Westfalen IT.NRW. <https://webshop.it.nrw.de/gratis/C119%20201100.pdf>, letzter Zugriff: 12.12.2012.

IT.NRW 2012a: Gemeindemodellberechnung 2008 bis 2030 nach Geschlecht - kreisangehörige Gemeinden – Stichtag. Information und Technik Nordrhein-Westfalen IT.NRW. <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/data;jsessionid=7F89DB23BCF2BDE7C676C9FF F3D00EF8?operation=abruf tabelle Bearbeiten&levelindex=2&levelid=1349699882194&auswahl operation=abruf tabelle Auspraegung Auswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werte abruf &selectionname=12422-01i&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf>, letzter Zugriff: 08.10.2012.

IT.NRW 2012b Bevölkerungsvorausberechnung 2011 bis 2030 nach Geschlecht – kreisfreie Städte und Kreise – Stichtag. Information und Technik Nordrhein-Westfalen IT.NRW. <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/data;jsessionid=7F89DB23BCF2BDE7C676C9FF F3D00EF8?operation=abruf tabelle Bearbeiten&levelindex=2&levelid=1349700733733&auswahl operation=abruf tabelle Auspraegung Auswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werte abruf &selectionname=12421-01i&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf>, letzter Zugriff: 08.10.2012.

IT.NRW 2012c: Vorausberechnung der Bevölkerung 2011 – 2030/2050 in NRW. Information und Technik Nordrhein-Westfalen IT.NRW. <http://www.it.nrw.de/statistik/a/daten/eckdaten/r511prog.html>, letzter Zugriff: 25.09.2012.

IT.NRW 2012d: Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung - Gemeinden. Information und Technik Nordrhein-Westfalen IT.NRW. <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/data;jsessionid=994DFD3EF06E3393A4012C75B 77EA50B?operation=abruf tabelle Abrufen&selectionname=33111-04ir&levelindex=1&levelid=1370270605226&index=10>, letzter Zugriff: 03.06.2013.

IT.NRW 2013: Abfallinput 2010 nach dem Wirtschaftszweig des Anlagenbetreibers. <http://www.it.nrw.de/statistik/h/daten/eckdaten/r522abfall1.html>, letzter Zugriff 24.10.2013.

IWR 2012a: Energiegehalt von Biogas. Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien IWR. http://www.iwr.de/bio/biogas/biogas_infos.html, letzter Zugriff: 21.11.2012.

IWR 2012b: EnergieDaten.NRW 2012. Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien IWR.

Kaltschmitt 2009: Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin und Heidelberg.

Klocke 2010: Endbericht zum Projekt „Kooperationsvorhaben Nachhaltiges Biogas“, gefördert durch das MWME NRW im Rahmen des Wettbewerbs „energie.nrw“.

KTBL 2010: Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. KTBL. 22. Aufl. Darmstadt.

KTBL 2012: Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft KTBL. <http://www.ktbl.de/index.php?id=812>, letzter Zugriff: 21.11.2012.

LABO 2012: Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz LABO. http://www.labo-deutschland.de/documents/1_Anlage_LABO_Reduzierung_der_Flaecheninanspruchnahme_f11.PDF, letzter Zugriff: 12.12.2012.

Landesbetrieb Wald und Holz 2012: Zahlen und Fakten. <http://www.wald-und-holz.nrw.de/wald-und-holz-nrw/wald-in-nrw/zahlen-und-fakten.html>, letzter Zugriff: 20.08.2012.

Landesbetrieb Wald und Holz 2012a: persönliche Mitteilung von Herrn Schwarz, Wald und Holz NRW 2012.

LANUV 2012a: Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 1 – Windenergie. LANUV-Fachbericht 40. Recklinghausen 2012.

LANUV 2012b: Flächenverbrauch NRW. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz LANUV. http://www.lanuv.nrw.de/boden/flaechenverbrauch/flaechen_verb.html, letzter Zugriff 12.12.2012.

LANUV 2013a: mündliche Mitteilung von Frau Dr. Karen Jacobsen, FB 87, LANUV, vom 22.03.2013. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz LANUV.

LANUV 2013b: Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 2 – Solarenergie. LANUV-Fachbericht 40. Recklinghausen 2013.

LB 2011: NRW schützt Wiesen und Weiden - Dauergrünlanderhaltungsverordnung in Kraft getreten. Landesbüro der Naturschutzverbände NRW. (<http://www.lb-naturschutz-nrw.de/34+M5268eb8ccf6.98.html>), letzter Zugriff: 19.12.2012.

Leopoldina 2012: Bioenergy – Chances and Limits. German National Academy of Sciences Leopoldina. <http://www.leopoldina.org/de/publikationen/detailansicht/?publication%5Bpublication%5D=433&chash=85b62c7ab0fc52f395b84e738e8b1f42>, letzter Zugriff 12.12.2012.

LfL 2008: Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Mastrinder, Schafe, Ziegen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL.

LfL 2009: Grundsätze der Schweinefütterung. Unterrichts- und Beratungshilfe. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL.

LfL 2013a: Biogasgärreste. Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL. http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_31972.pdf, letzter Zugriff 03.06.2013.

LfL 2013b: Wirtschaftsdünger und Gewässerschutz. Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern in der Landwirtschaft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL. <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/umwelt/34576/>, letzter Zugriff 05.06.2013.

Lippross 2012: Einschätzung der Deponiegasbildung einer Hausmülldeponie, E-Mail-Austausch vom 3. November 2012. Lobbe Entsorgung West GmbH & Co KG.

LWF 2007: Holz – Energie aus dem Wald. Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft LWF.

LWF 2011: Anbau, Ernte und Wirtschaftlichkeit von Kurzumtriebsplantagen. Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft LWF. http://www.carmen-ev.de/dt/portrait/sonstiges/kup_2011/Wirtschaftlichkeit_kup_2011.pdf, letzter Zugriff: 26.11.2012.

LWK 2011a: Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen LWK. <http://www.oekolandbau.nrw.de/pdf/umstellung/Umstellungsbroschuere2011.pdf>, letzter Zugriff: 12.12.2012.

LWK 2011b: Cross Compliance-Regelungen: Erosionsschutz und Erhaltung von Dauergrünland. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen LWK. <http://www.landwirtschaftskammer.de/foerderung/hinweise/kulissen.htm>, letzter Zugriff: 12.12.2012.

LWK 2012: Biogas-Betreiberdatenbank der Landwirtschaftskammer NRW. Stand 1. Juni 2012.

Mantau et al. 2005: Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommens- und Vermarktungsstruktur. In: Standorte der Holzindustrie, Abschlussbericht im Auftrag von Holzabsatzfonds (HAF) und Verband der deutschen Papierfabriken e.V. (VDP). Hamburg.

Mantau 2012: Energieholzverwendung in privaten Haushalten. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente - Abschlussbericht. Hamburg.

Marutzky 2004: Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, der Schweiz und Deutschland. Überarbeitetes und ergänztes Referat zum Seminar „Energetische Biomasseverwertung – Neue Konzepte für den kommunalen und gewerblichen Bereich“ des VDI-Wissensforums am 29. und 30.01.2004 in Salzburg.

MKULNV 2011: Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2008/09. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes NRW MKULNV. Düsseldorf.

MKULNV 2012: Landeswaldbericht 2012. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes NRW MKULNV. Düsseldorf.

MKULNV 2013: Vorstudie zum Abfallwirtschaftsplan NRW, Teilplan Siedlungsabfälle. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW MKULNV. Düsseldorf (Veröffentlichung in Vorbereitung).

MKULNV 2013a: Übersicht über die Abfallimporte nach und Abfallexporte aus Nordrhein-Westfalen für das Jahr 2011 – Importe gesunken, Anstieg bei Exporten. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW MKULNV. <https://www.umwelt.nrw.de/umwelt/abfall/abfallwirtschaft/index.php>; letzter Zugriff 15.06.2013.

MUNLV 2008: Ressourcen- und Klimaschutz in der Siedlungsabfallwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen | Zukünftige Potenziale und Entwicklungen. Ministerium für Umwelt, Natur, Landwirtschaft, und Verbraucherschutz des Landes NRW MUNLV. Wissenschaftliche Bearbeitung: INFA – ISFM e. V., LASU und Fraunhofer UMSICHT.

MUNLV 2009: Bioenergie.2020.NRW – Biomasseaktionsplan zum nachhaltigen Ausbau der Bioenergie in Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Umwelt, Natur, Landwirtschaft, und Verbraucherschutz des Landes NRW MUNLV.

NABU 2008: Kurzumtriebsplantagen in Deutschland – aktueller Stand und Perspektiven. Naturschutzbund Deutschland e.V. NABU. http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/biomasse/vortrag_hofmann_perspektiven.pdf, letzter Zugriff am 26.11.2012.

NABU 2011 (Hrsg.): Kaum noch Wiesen und Weiden in NRW. <http://nrw.nabu.de/themen/landwirtschaft/landwirtschaftundnaturschutz/index.html>, letzter Zugriff: 19.12.2012.

Nellenschulte 2003: Kostenreduzierung für Kommunen und Verbände durch effiziente Erzeugung und Verwertung von Faulgas als Primärenergie sowie Reduzierung der Faulschlammmenge- Teilprojekt: Betrieb von Blockheizkraftwerken. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben. http://www.ptka.kit.edu/downloads/ptka-wte-w/WTE-W-Berichte-2003_Schlussbericht_Blockheizkraftwerk_AWATECH.pdf, letzter Zugriff: 09.11.2012.

Neumann 2012: Ökologische Vorrangflächen – eine Bewertung aus Sicht des BMELV. Vortrag am 06. November 2012 anlässlich der Fachtagung des NABU zur Nutzung Ökologischer Vorrangflächen – ein Mehrwert für Biodiversität und Landwirtschaft?

Oberdörfer 2013: E-Mail-Austausch mit Herrn Oberdörfer (LANUV NRW, FB 71) im April 2013.

Pro2 2010: Produktblatt Blockheizkraftwerk. Pro2 Anlagentechnik GmbH. http://www.pro2.de/icms_htlib/1/download/datenblaetter/Produktprogramm/PP_Pro2_Jenbacher_GER_RZ.pdf, letzter Zugriff: 18.12.2012.

Pro2 2012: Produktblatt Blockheizkraftwerk. Pro2 Anlagentechnik GmbH. http://www.pro2.de/icms_htlib/1/download/datenblaetter/Produktprogramm/PP_Pro2_MWM_GER_2012RZ.pdf, letzter Zugriff: 18.12.2012.

Prognos 2008: Kurzexpertise zum Markt für behandeltes und kontaminiertes Altholz (A III und A IV) in Deutschland. 20.11.2008. Berlin.

Raedeker 2012: Telefonisches Interview mit Frau Dr. Susanne Raedeker, Prokuristin, AGR mbH, Herten vom 31.10.2012.

RePro 2013: Kraftwerk Klärschlamm - Regionale Energie aus eigener Kraft – Leitfaden für kleine Kommunen <http://www.reproketten.de/veroeffentlichungen/repro-planer-informationsmaterial.html>, letzter Zugriff: 28.02.2013.

Scheffer-Schachtschabel 2002 (Hrsg.): Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag.

Schulze-Mönking 2010: Überarbeitung des Getreide- und Vieheinheitenschlüssels. <http://download.ble.de/06HS030.pdf>, letzter Zugriff: 21.11.2012.

Senergie 2012: Blockheizkraftwerke für Kläranlagen. http://www.senergie.de/fileadmin/pdf/Broschueren/Senergie_Klaergas-de.pdf, letzter Zugriff: 09.11.2012.

SEV 2006: Der Eigenstromverbrauch von Biogasanlagen und Potenziale zu dessen Reduzierung. Solarenergieförderverein Bayern e.V.. SeV-Studien 01, München.

Stachowitz 2004: Berechnung oder Abschätzung von Gasproduktionsmengen – Gasprognose, DAS-IB GmbH Deponie Anlagenbau Stachowitz.

Straßen.NRW 2010 (Hrsg.): Täglich im Dienste der Mobilität.

Straßen.NRW 2012a: Gespräch mit Straßen.NRW am 10.10.2012.

TLL 2012: Getreideeinheitenschlüssel. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. http://www.tll.de/ainfo/pdf/ge_schl.pdf, letzter Zugriff: 21.11.2012.

Trapp 2012: Telefonate und E-Mail-Austausch mit Herrn Michael Trapp (LANUV NRW, FB 72) im Oktober und November 2012.

Treder 2013: E-Mail Austausch mit Martin Treder; Vorsitzender AG Klimaschutz und Abfallwirtschaft der Verbände ITAD und VKU vom 15. März 2013.

UBA 2008: Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen. Umweltbundesamt.

UBA 2012a: Daten zur Umwelt – Ökologischer Landbau. Umweltbundesamt UBA. <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=3139>, letzter Zugriff: 10.12.2012.

UBA 2012b: Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Umweltbundesamt UBA.

UBA 2012c: Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. UBA-Positionspapier. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4321.html>, letzter Zugriff 12.12.2012.

Umweltdatenbank 2013: Mineraldünger. <http://www.umweltdatenbank.de/cms/lexikon/lexikon-m/722-mineralduenger.html>, letzter Zugriff: 05.06.2013.

UNIQUE 2012: Unique forestry and land use. Vertiefungsstudie Deutschland. Beitrag zum Projekt „Umsetzung der Biodiversitätsziele bei der nachhaltigen Bioenergienutzung“, BfN.

wissenmedia 2013: Glossar. Brache. <http://www.wissen.de/lexikon/brache>, letzter Zugriff 05.06.2013.

Wupperverband 2011: Studie zur Aufbereitung und Einspeisung von Faulgas auf kommunalen Kläranlagen im Auftrag der Bezirksregierung Düsseldorf. <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/StudieFaulgasAbschlussbericht.pdf>, letzter Zugriff: 16.06.2013.

ZALF e.V. 2013: Ergebnisse aus dem Projekt EVA – Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung. <http://www.eva-verbund.de/themen/oekologie/stickstoffhaushalt/ergebnisse-aus-eva.html>, letzter Zugriff: 20.08.2013.

Zeller, V. et al. 2012: Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. Endbericht (FZK 03KB021), BMU.

Anhang I

A 1 Nutzungskonkurrenzen in der Landwirtschaft

Die Ausweitung der energetischen Nutzung von Anbaubiomasse zieht direkte und indirekte Landnutzungsänderungen nach sich. Insbesondere in der Landwirtschaft wurde die Verdrängung bestehender Lebens- und Futtermittelproduktionen in der PAG zur Studie intensiv diskutiert. Nachfolgend werden darum einige Überlegungen und Berechnungen, die sich aus diesen Diskussionen ergeben haben, aufgeführt. Sie sollen helfen, die ausgewiesenen Potenziale in der Studie einzuordnen. Weiter sollen sie die Erarbeitung der NRW-Biomassestrategie unterstützen, die Maßnahmen formulieren soll, den Ausbau der energetischen Biomassenutzung in NRW unter nachhaltigen Kriterien zu gestalten.

A 2 Beschreibung bestehender Nutzungskonkurrenzen

A 2.1 Landverbrauch

Die Umwidmung von Freifläche in Siedlungs- oder Verkehrsfläche wird allgemein als „Flächeninanspruchnahme“ oder „Flächenverbrauch“ bezeichnet. In NRW – dem Bundesland mit der höchsten Bevölkerungsdichte – liegt der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der gesamten Landesfläche bei 22,6 %. Seit 1996 werden in NRW täglich 15 ha Freifläche beansprucht. Hier ist es das Ziel der Landesregierung, den Flächenverbrauch bis 2020 auf 5 ha pro Tag zu senken (LANUV 2012b).

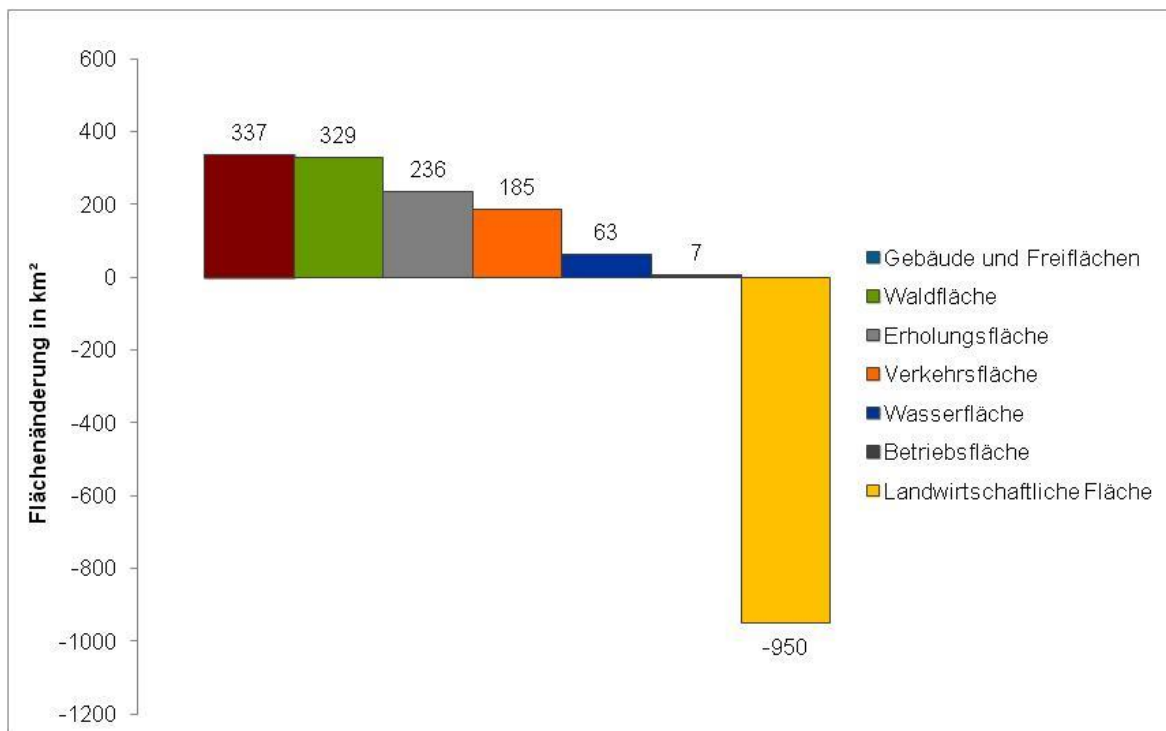


Abbildung 90: Veränderung der Flächennutzung von 1996 bis 2011 in NRW (LANUV 2012b)

Der Zuwachs an Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsfläche erfolgte vor allem auf Kosten der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Von 1996 bis 2011 hat die landwirtschaftlich genutzte Fläche in NRW um 950 km² abgenommen (**Abbildung 90**). Im Gegenzug dazu haben Gebäude-, Wald-, Erholungs- und

Verkehrsflächen zugenommen (LANUV 2012b). Hinzu kommt, dass bei einem Eingriff in die Natur eine Ausgleichsmaßnahme getroffen werden muss. Meist werden diese ebenfalls auf landwirtschaftlich genutzten Flächen durchgeführt (LABO 2012).

Tabelle 119 zeigt die Entwicklung der Acker- und Grünlandflächen zwischen 2001 und 2011. Der Vergleich der Flächenanteile zeigt, dass die Abnahme an Ackerland zwar gering ist, das Grünland allerdings erheblich an Fläche verloren hat.

Tabelle 119: Flächenentwicklung von Acker und Grünland zwischen 2001 und 2011 in NRW (IT.NRW 2011)

Nutzungsart	2001 [ha]	2011 [ha]	Veränderung [%]
Ackerland	1.064.846	1.060.579	-0,4
Grünland	420.708	385.241	-8,4

Nach geltendem EU-Recht sind die Bundesländer verpflichtet, Grünland zu erhalten. Wenn der Grünlandanteil um mehr als 5 % gegenüber dem Anteil des Referenzjahres 2003 sinkt, sind Länder ermächtigt, eine Verordnung zum Grünlandschutz zu erlassen (LB 2011). Zwischen 2003 und 2010 hat NRW 5,4 % seines Grünlandanteils verloren, womit die 5 %-Grenze der EU-Richtlinie überschritten wurde (LB 2011). Neuere Zahlen des Bundeslandwirtschaftsministeriums für das Jahr 2011 belegen 6,2 % Grünlandverlust in NRW gegenüber dem Jahr 2003 (NABU 2011). Darum hat NRW am 12. Januar 2011 eine Verordnung in Kraft gesetzt, die den Umbruch von Grünland verhindern soll. Diese verbietet allen Landwirten, die Direktzahlungen empfangen, Grünland oder Dauergrünland umzubrechen oder andere Nutzungen zu etablieren. Die Erhaltung des Grünlandes ist auch Inhalt der Cross Compliance-Regelungen (LWK 2011b).

A 2.2 Ökologischer Landbau

In NRW gab es 2011 insgesamt 1.845 erzeugende Öko-Betriebe, die eine Fläche von 70.193 ha bewirtschafteten (**Tabelle 120**). Im Vergleich zu den Vorjahren bedeutet dies einen enormen Anstieg. So waren es zehn Jahre zuvor (2001) lediglich 694 Betriebe mit einer Anbaufläche von 24.506 ha. Die Nachfrage nach heimischer und ökologisch angebaute Ware steigt stetig. Die Prognosen für den ökologischen Landbau in NRW sind durchweg positiv (LWK 2011a). Der Flächenanteil des ökologischen Landbaus wurde als Schlüsselindikator in die nationale Nachhaltigkeitsstrategie aufgenommen (UBA 2012a).

Tabelle 120: Übersicht über den ökologischen Landbau in NRW im Jahr 2011 (BMELV 2011b)

Bundesland	Ökofläche [ha]	Erzeugende Öko-Betriebe insgesamt	Ökofläche an LF in NRW [%]	Ökofläche NRW an Ökofläche von D [%]	Ökobetriebe an Betrieben des Landes [%]
NRW	70.193	1.845	4,8	6,9	5,2

Der durchschnittliche Hektarertrag im ökologischen Landbau ist gegenüber dem konventionellen Anbau deutlich geringer. Mit einer Zunahme des ökologischen Landbaus geht eine indirekte Flächenkon-

kurrenz einher, da weniger Fläche zum Anbau energetischer Biomasse vorhanden ist. Lediglich die Erntenebenprodukte stünden für die energetische Nutzung zur Verfügung. Die Erträge sind aber im Vergleich zum konventionellen Anbau ebenfalls geringer.

A 2.2.1 Selbstversorgungsgrad Lebensmittel

Der Selbstversorgungsgrad zeigt, in welchem Umfang die Erzeugung der inländischen Landwirtschaft den Bedarf bzw. den Gesamtverbrauch decken kann, oder um welchen Prozentsatz die Produktion die inländische Nachfrage übersteigt (BMELV 2012). Bei einer nicht vorhandenen oder gedeckten Versorgung sind Importe notwendig. Da die landwirtschaftliche Erzeugung von natürlichen und wirtschaftlichen Bedingungen abhängig ist, kann es bei einzelnen Nahrungsmitteln in Deutschland zu starken Schwankungen kommen (IMA 2012).

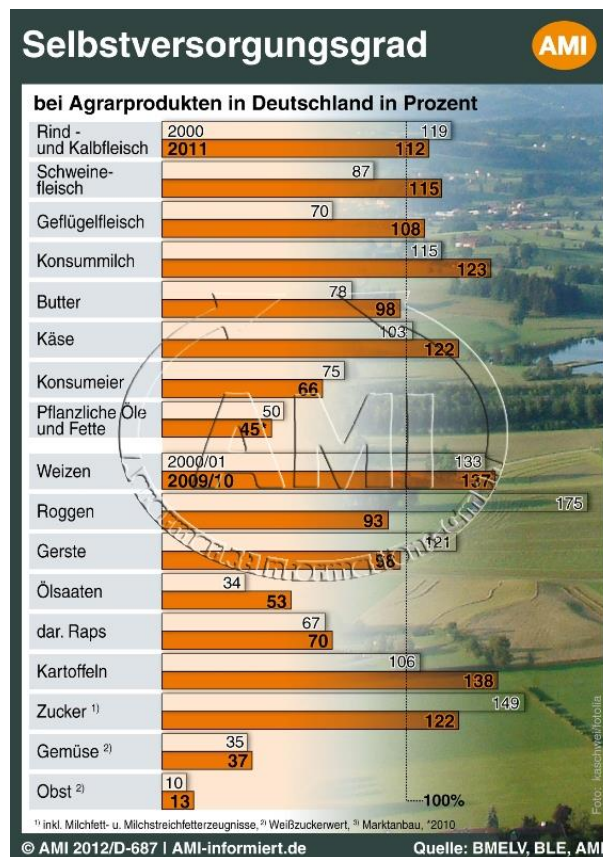


Abbildung 91: Selbstversorgungsgrad bei Agrarprodukten in Deutschland in Prozent (DBV 2011)

Bei Getreide, Kartoffeln, Zucker sowie Rind- und Schweinefleisch liegt der deutsche Selbstversorgungsgrad deutlich über 100 % (**Abbildung 91**). Etwas mehr als ausgeglichen ist die Versorgungsbilanz bei Milch und Geflügelfleisch. Bei Obst, Gemüse, Ölsaaten, Eiern und Schaffleisch dagegen liegt der Selbstversorgungsgrad um 50 % oder deutlich darunter (DBV 2011).

Zahlen für NRW können nicht abgeleitet werden. Mögliche Potenziale für die Erzeugung von Bioenergie können sich bei der Rücknahme der Überkapazitäten auf einen Selbstversorgungsgrad von 100 % ergeben. Auch durch eine Veränderung des Konsumstils hin zu einer Ernährung mit weniger Fleisch könnten Flächen frei werden.

A 2.2.2 Selbstversorgungsgrad Futtermittel

In den vergangenen 50 Jahren hat sich die Fleischerzeugung in Deutschland annähernd verdoppelt. Anfang der 1960er Jahre wurden noch 4,2 Mio. t Fleisch (gemessen in Schlachtgewicht) produziert. Diese Menge steigerte sich bis 2010 auf 8 Mio. t. Der größte Anteil des deutschen Fleischkonsums entfällt mit 61 % auf Schweinefleisch. Geflügelfleisch macht 21 % aus und Rindfleisch rund 14 % (Fritz 2011). Darüber hinaus liegt die Produktion von Fleisch teilweise über dem inländischen Bedarf und Anteile werden ins Ausland exportiert (vgl. Kapitel A 2.2.1).

Die wichtigsten Getreidearten, die in Deutschland verfüttert werden, sind Weizen, Mais und Gerste, wobei Weizen die Futterrationen mit über 11 Mio. t (gemessen in Getreideeinheiten) dominiert. Sojaschrot ist die wichtigste Eiweißquelle, die in Deutschland in einer Menge von über 4,2 Mio. t verfüttert wird. Mit deutlichem Abstand folgt Rapsschrot mit etwas über 2 Mio. t. Allerdings sind die in Deutschland produzierten Mengen an Futtermittel nicht ausreichend und müssen daher importiert werden. Das Defizit ist dabei besonders hoch bei den Eiweißfuttermitteln, vor allem Soja. Deutschland importiert 100 % des Sojabedarfs, knapp 30 % des Futterweizens, 23 % des Rapses und über 17 % des Futtermais (Tabelle 121). Die größten Importmengen entfallen dabei auf Sojabohnen sowie das nach dem Auspressen des Sojaöls als Rückstand entstehende Sojaschrot (Fritz 2011).

Tabelle 121: Futtermittelimporte in Deutschland 2008/09 (Fritz 2011)

	in 1.000 t GE	Anteil der Importe am Gesamtaufkommen [%]
Getreide		
Weizen	3.352	29,7
Mais	1.263	17,4
Gerste	379	6,3
Roggen	186	10,0
Futterreis	2	100,0
Hafer	42	8,2
Getreide insgesamt	5.224	19,4
Ölsaaten		
Sojabohnen & Sojaschrot	4.242	100,0
Raps	1.873	22,9
Palmkernschrot	335	100,0
Sonnenblumenschrot	138	90,8

GE= Getreideeinheiten

Um eine Größenordnung zu ermitteln, die die Produktion von Futtermitteln zur Deckung des Bedarfs in NRW an landwirtschaftlicher Fläche beansprucht, werden nachfolgend zwei Berechnungsmethoden vorgestellt.

A 2.2.2.1. Futtermittelbedarfsberechnung über den Energiewert

Der Futtermittelbedarf über den Energiewert berechnet, ob der im Futter enthaltene Energiewert über Getreide theoretisch in NRW bereitgestellt werden kann. Zunächst wurde die Anzahl der verschiedenen Tiere in den Kreisen und Gemeinden ermittelt. Die durchschnittliche Verzehrmenge in MJ/d pro Tier und die Energiewertangabe je kg Futter in MJ/kg wurde den KTBL-Daten und Daten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft entnommen. Diese sind in **Tabelle 122** zusammenfassend dargestellt (KTBL 2010; LfL 2008; LfL 2009). Mithilfe dieser Daten wurde der tägliche kg-Bedarf an Futtermitteln für die einzelnen Tierarten ermittelt und in Tonnen pro Tag umgerechnet. Über die Hektarerträge von Getreide in t/ha*a konnte schließlich der jährliche Flächenbedarf für die Futtermittel der Tiere in Hektar berechnet werden. Die Ergebnisse der Futtermittelbedarfsberechnung sind in **Tabelle 123** und die der Futtermittelflächenanalyse in **Tabelle 124** auf Regierungsbezirksebene dargestellt. Für das Geflügel konnte nur die Verzehrmenge ermittelt werden, daher bleibt der Energiegehalt unberücksichtigt.

Tabelle 122: Durchschnittliche Verzehrmenge sowie durchschnittlicher Energiegehalt Futtermittel nach Tierarten (KTBL 2010; LfL 2008; LfL 2009)

Tiergruppe	Tierart	Verzehrmenge in MJ/d	Energiegehalt in MJ/kg
Rinder	Mastrinder	66,4	8,8
	Milchkühe	136,1	6,8
	Mutterkühe	196,5	16,2
	Aufzuchtrinder	64,7	12
	Kälber	33	10,8
Schweine	Ferkel	11,3	13
	Zuchtsauen	38	12
	Mastschweine	33,1	13
Geflügel	Legehennen	1,4	k. A.
	Masthühner	1,6	k. A.
	andere	1,5	k. A.

Tabelle 123: Futtermittelbedarf verschiedener Tiere auf Regierungsbezirksebene; eigene Berechnung auf Basis von KTBL (2010), LfL (2008) und LfL (2009)

Tiergruppe	Tierart	Düsseldorf [t/a]	Köln [t/a]	Münster [t/a]	Detmold [t/a]	Arnsberg [t/a]	NRW [t/a]
Rinder	Mastrinder	231.085	187.366	642.893	222.495	199.908	1.483.747
	Milchkühe	689.224	635.280	685.001	405.047	452.977	2.867.529
	Mutterkühe	44.071	59.529	50.387	52.427	80.383	286.797
	Aufzuchtrinder	26.316	25.845	35.376	20.880	24.438	132.855
	Kälber	51.975	38.731	173.943	46.794	42.285	353.728
Schweine	Ferkel	62.180	7.132	364.583	130.398	59.637	623.929
	Zuchtsauen	52.451	7.106	344.801	119.965	56.412	580.735
	Mastschweine	263.973	31.561	2.264.505	944.961	399.076	3.904.076
Gesamt		1.421.275	992.550	4.561.489	1.942.967	1.315.116	10.233.396

Tabelle 124: Theoretischer Futtermittelflächenbedarf – auf Grundlage des Futtermittelbedarfs einzelner Tiere berechnet als Energiewert in Getreide – auf Regierungsbezirksebene; eigene Berechnung auf Basis von KTBL (2010), LfL (2008) und LfL (2009)

Tiergruppe	Tierart	Düsseldorf [ha]	Köln [ha]	Münster [ha]	Detmold [ha]	Arnsberg [ha]	NRW [ha]
Rinder	Mastrinder	30.334	24.595	84.391	29.206	26.242	194.768
	Milchkühe	90.473	83.392	89.919	53.170	59.461	376.415
	Mutterkühe	5.785	7.814	6.614	6.882	10.552	37.647
	Aufzuchtrinder	3.454	3.393	4.644	2.741	3.208	17.440
	Kälber	6.823	5.084	22.833	6.143	5.551	46.434
Schweine	Ferkel	8.162	936	47.858	17.117	7.828	81.901
	Zuchtsauen	6.885	933	45.261	15.748	7.405	76.232
	Mastschweine	34.651	4.143	297.257	124.043	52.386	512.480
Gesamt		186.568	130.290	598.778	255.049	172.633	1.343.318

Nach obigen Berechnungen beläuft sich der rechnerische Flächenbedarf zur Versorgung der heimischen Rinder- und Schweinebestände auf mehr als 1,3 Mio. ha Ackerfläche. Demgegenüber steht eine tatsächlich vorhandene Ackerfläche in NRW von 1,1 Mio. ha bzw. eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von 1,46 Mio. ha (Kapitel 2.1.2).

A 2.2.2.2. Futtermittelbedarfsberechnung über Getreideeinheiten

Zunächst wurden die Gesamterträge NRWs über die Hektarerträge (dt/ha) und die Anbauflächen (ha) für die verschiedenen Fruchtarten errechnet. Somit ergibt sich der Ertrag der Fruchtarten in dt. Die Gesamterträge wurden dann mit dem Faktor zur Berechnung in Getreideeinheiten (= GE, in dt), der dem Getreideeinheitenschlüssel für pflanzliche Erzeugnisse der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL 2012) entnommen wurde, multipliziert. So ergibt sich zunächst das Aufkommen der GE

verschiedener Fruchtarten in NRW für die einzelnen Gemeinden. In den beschriebenen Berechnungen wurden lediglich Getreide, Grünland sowie Silomais betrachtet.

Zusätzlich wurde der NRW-Bedarf an GE durch die Tiere (hier: Rinder, Schweine und Geflügel) ermittelt. Über die Verwendung pflanzlicher Erzeugnisse in Deutschland für die jeweilige Tierart (Schulze-Mönking 2010) sowie die Anzahl der Tiere in Gesamtdeutschland, wurden die GE pro Tier und Jahr berechnet (**Tabelle 125**). Mithilfe der Anzahl der Tiere in den einzelnen Gemeinden NRWs konnte so der Getreideeinheitenbedarf für NRW bestimmt werden (Schulze-Mönking 2010).

Tabelle 125: Getreideeinheiten pro Tier und Jahr (Schulze-Mönking 2010)

Tiergruppe	Tierart	Verwendung GE in D 2008	Anzahl Tiere in D	GE pro Tier
Rinder	gesamt	13.600.000	12.534.507	1,1
	Mastrinder	6.340.000	1.937.799	3,3
	Milchkühe	5.408.000	4.164.789	1,3
	Mutterkühe	1.646.000	665.266	2,5
	Aufzuchtrinder	*2.137.839	1.970.350	1,1
	Kälber	206.000	3.796.303	0,1
Schweine	gesamt	20.247.000	27.571.352	0,73
	Ferkel	*6.037.065	8.624.379	0,7
	Zuchtsauen	*1.655.368	2.364.812	0,7
	Mastschweine	*11.607.513	16.582.161	0,7
Geflügel	gesamt	3.924.000	114.113.374	0,03
	Legehühner	*1.058.370	35.278.999	0,03
	Masthühner	2.255.000	78.834.375	0,03
	andere	1.669.000	14.786.376	0,11

*Werte wurden anhand der Tieranzahl in D und dem Gesamtwert der Tiergruppe in Großvieheinheiten (GE) pro Tier berechnet

Die Ergebnisse der Gegenüberstellung des GE-Aufkommens und des -Bedarfs sind in **Abbildung 92** dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Abbildung das gesamte Getreideaufkommen in NRW einberechnet wurde, wovon lediglich etwa 35 % aktuell als Futtergetreide verwertet wird (vgl. **Tabelle 126**).

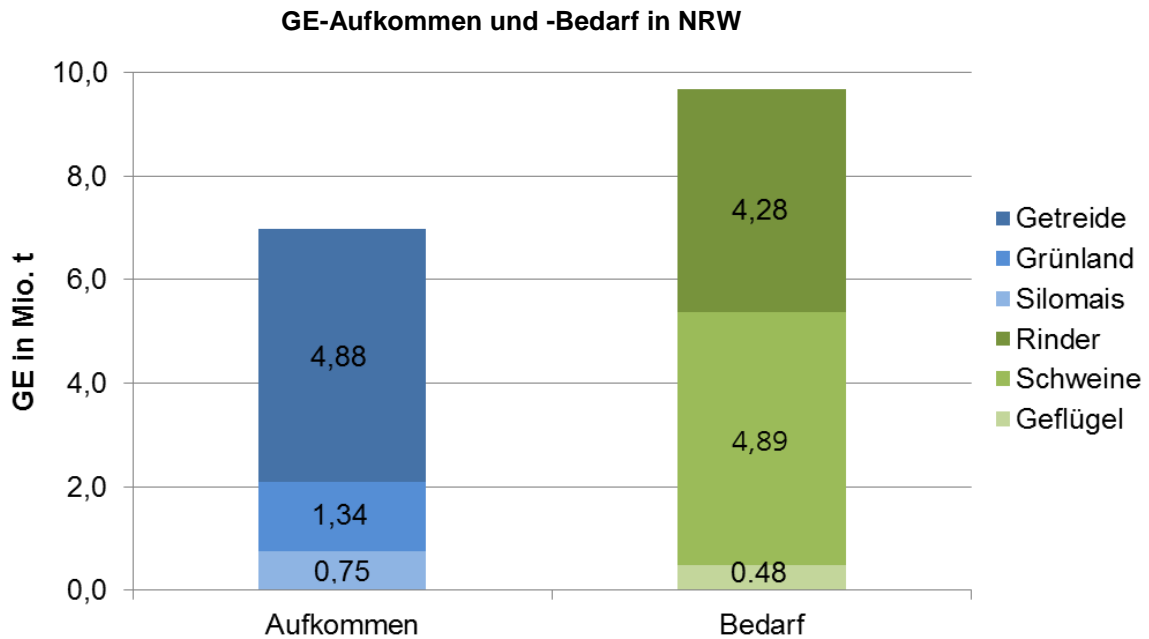


Abbildung 92: Aufkommen und Bedarf an Getreideeinheiten in NRW

Das potenzielle Aufkommen an GE basiert auf einer Getreidefläche von 644.863 ha, einer Grünlandfläche von 403.259 ha und einer Fläche mit Silomais von 89.586 ha. Dabei wurden beim Silomais 70.000 ha weniger berücksichtigt, da dies in etwa der Fläche in NRW entspricht, deren Ertrag in Biogasanlagen genutzt wird. So ergibt sich insgesamt eine Fläche von 1.137.708 ha. Der Bedarf an GE würde einer Fläche von 1.281.490 ha entsprechen.

Abschließend wurde der tatsächliche Anteil des Anbaus an Futtermitteln überschlägig berechnet. Dazu wurde aus der Erntebilanz 2012 die Größe der Anbaufläche von Futtergetreide entnommen. Mithilfe dieser Flächengröße, sprich der des gesamten Grünlandes und der Anbaufläche Silomais, wurde über die Hektarerträge der Gesamtertrag ermittelt und mit dem Faktor aus dem Getreideeinheitenschlüssel (GE-Schlüssel) multipliziert. Daraus ergibt sich das Aufkommen an GE der Futtermittel. Insgesamt können aktuell in NRW lediglich 40 % des Futtermittelbedarfs aus NRW-Anbau gedeckt werden (**Tabelle 126**).

Tabelle 126: Berechnung der Futtermittelproduktion in NRW

Fruchtart	Gesamtertrag [dt]	GE-Schlüssel [dt]	GE-Aufkommen [t]
Grünland	31.228.084	0,43	1.342.808
Silomais	41.786.345	0,18	752.154
Futtergetreide	17.950.903	0,99	1.777.139
Gesamt GE der Futtermittel			3.872.101
Bedarf der Tiere an GE			9.667.268
Relativer Anteil in %			40,05

A 2.2.2.3. Fazit zur Selbstversorgung mit Futtermitteln

Über die beiden angewandten Berechnungsmethoden ergibt sich eine Fläche für den Futtermittelanbau von etwa 1,3 Mio. ha die nötig wären, um die in NRW gehaltenen Nutztiere allein mit Futtermitteln aus NRW versorgen zu können. Gesamt NRW besitzt eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von 1,46 Mio. ha. So müssten 92 % (Energiewert-Methode) bzw. 88 % (GE-Methode) der landwirtschaftlich genutzten Fläche NRWs für den Anbau von Futtermitteln genutzt werden. Eine Berechnung des Anteils an Futtermitteln über die GE ergab, dass in NRW etwa 40 % der Futtermittel selbstständig produziert werden, der Rest wird importiert.

Bei diesen Zahlen ist zu beachten, dass es sich um rein rechnerische Werte handelt. Der tatsächliche Flächenbedarf ist geringer, da die eingesetzten Futtermittel – z.B. Soja – flächeneffizienter produziert werden können. Darüber hinaus werden viele Futtermittel zu 100 % im Ausland produziert, bspw. Soja oder Palmkernschrot (vgl. **Tabelle 121**).

A 2.2.3 Belegung der Fläche mit Energiepflanzen

Für die Produktion von Biogas werden Energiepflanzen eingesetzt. Dominierend ist der Mais, der ca. Dreiviertel der für die Nutzung von Energiepflanzen zur Verfügung gestellten Fläche belegt. Dadurch dass der Anbau von Mais als Futtermittel einen höheren Stellenwert hat, dienen rund 40 % der mit Silomais belegten Ackerflächen der Biogasproduktion. Werden Körnermais und CCM berücksichtigt, dient jede fünfte Maisfläche der Biogasproduktion. Weniger bedeutend sind bisher die Anbauflächen von Zuckerrüben und Getreide für Bioethanol. Unbedeutend ist ebenfalls noch der Anbau von schnell wachsenden Hölzern wie z.B. Pappeln in Kurzumtriebsplantagen, der in NRW in 2010 lediglich 223 ha belegte (IT.NRW 2010).

Der Anbau von Energiepflanzen und der Zubau von Biogasanlagen und Biokraftstoffanlagen werden häufig mit der massiven Zunahme von Anbaukulturen wie Mais und Raps und einem Verlust der Biodiversität verbunden. Dabei wird übersehen, dass eine große Vielfalt von Anbaukulturen für die unterschiedlichen Bioenergieträger genutzt werden kann. Der Anbau von Energiepflanzen bietet die Chance, die teilweise wenig abwechslungsreichen Fruchtfolgen der konventionellen Landwirtschaft aufzulockern. Innovative Anbaukonzepte wie Mischfruchtanbau und Zweikultursysteme können neben einem extensiven Anbau von Energiepflanzen oder der energetischen Nutzung von Wildpflanzen somit auch einen Beitrag zur Förderung der Biodiversität leisten (AEE 2011).

Zukünftig werden durch neue Erkenntnisse und technologische Entwicklungen die Anbaumethoden und die Sorten verbessert. Die Entwicklung lässt noch eine enorme Ertragssteigerung zu. Derzeit werden ökologisch optimierte Energiepflanzenanbausysteme, die auf Ertragssteigerungen für die Biogaserzeugung zielen, erforscht. Dabei stellte sich heraus, dass Steigerungen der Biogaserträge mit regional angepassten Anbaukonzepten und abwechslungsreichen Fruchtfolgen zu erzielen sind (AEE 2011).

A 2.3 Nutzungskonkurrenzen in Beispielkreisen

Nutzungskonkurrenzen werden insbesondere durch ökonomische Interessen bedingt. Der erzielbare Gewinn beeinflusst die Entscheidung der Landwirte zur Auswahl der angebauten Feldfrüchte, aber

auch die Weiternutzung einer Fläche als landwirtschaftliche Fläche an sich. Darum stellt der Standarddeckungsbeitrag einen guten Indikator dar, um mögliche Nutzungskonkurrenzen zu analysieren.

Tabelle 127: Standarddeckungsbeiträge unterschiedlicher Feldfrüchte in NRW (KTBL 2012)

	Standarddeckungsbeitrag [€/ha]	
	Mittelwert 2000/01 – 2010/11	2010/11
Kartoffeln	4.102	9.285
Zuckerrüben	1.762	1.233
Weichweizen und Spelz	804	1.071
Körnermais	764	1.096
Raps und Rüben	740	1.075
Grünmais (Silagemais)	652	522
Gerste	628	772
Hafer	545	385
Roggen	531	580
Ackerwiesen und -weiden	248	219
Grünland und Weiden	222	283
Ungepflegtes Weideland	81	78

In **Tabelle 127** sind für NRW Standarddeckungsbeiträge zusammengestellt. Besonders hohe Standarddeckungsbeiträge können demnach für Kartoffeln (Mittelwert 2000/01-2010/11: 4.102 €/ha), gefolgt von Zuckerrübe (Mittelwert 2000/01-2010/11: 1.762 €/ha) erzielt werden. Bei den Getreidearten können für Weizen und Körnermais die höchsten Standarddeckungsbeiträge erwartet werden (Mittelwert 2000/01-2010/11: 804 €/ha bzw. 764 €/ha). Niedrigere Werte liegen für Ackerwiesen und -weiden sowie Grünland und Weiden vor (Mittelwert 2000/01-2010/11: 248 €/ha bzw. 222 €/ha).

Es ist zu erwarten, dass Auswirkungen von Nutzungskonkurrenzen sich deutlich zwischen den Kreisen je nach Naturraum und der Struktur der landwirtschaftlichen Produktion unterscheiden können. Darum wurden die Kreise in NRW anhand von landwirtschaftlichen Kennwerten (s. **Tabelle 128**) nach ihrer Ähnlichkeit gruppiert (Cluster-Analyse). Die Ergebnisse der Clusteranalyse zeigen fünf Gruppen (**Abbildung 93**):

- Cluster 1 „intensive Tierhaltung“
- Cluster 2 „Grünland mit viel Vieh“
- Cluster 3 „Grünland mit wenig Vieh“
- Cluster 4 „Getreide und Raps“
- Cluster 5 „Getreide und Hackfrüchte“

Für die ermittelten Ähnlichkeitsklassen (Cluster) werden im Folgenden Beispielkreise detailliert betrachtet. Als Datengrundlage wurden Daten aus der Landwirtschaftszählung von 2010 verwendet (IT.NRW 2011).

Tabelle 128: Mittelwerte landwirtschaftlicher Kennwerte für die identifizierten Ähnlichkeitsgruppen (Cluster); eigene Berechnung auf Basis von Landwirtschaftszählung 2010 (IT.NRW 2010)

Landwirtschaftliche Kennwerte	Intensive Tierhaltung	Grünland mit viel Vieh	Grünland mit wenig Vieh	Getreide und Raps	Getreide und Hackfrüchte
Anteil an der landwirtschaftlichen Fläche [%]					
Dauergrünland	21	87	61	21	25
Ackerfläche	79	13	39	79	75
Anteil an der Ackerfläche [%]					
Getreide	43	30	56	62	51
Körnermais + CCM	15	2	1	5	2
Grünpflanzen	28	63	30	13	12
Hackfrüchte	6	2	3	4	21
Winterraps	2	1	7	12	4
Sonstige Kulturen	6	2	3	4	10
Viehichte [GVE/ha]					
GVE	1,68	1,31	0,94	0,79	0,49

Tabelle 128 zeigt, dass Kreise im Cluster „intensive Tierhaltung“ sich insbesondere durch eine hohe Viehdichte (Mittelwert: 1,7 GVE/ha) und einen hohen Anteil an Körnermais/CCM in der Fruchtfolge (Mittelwert: 15 %) auszeichnen. Zu diesem Cluster zählen Kreise im nordwestlichen NRW. Als Beispielkreis wurde der Kreis Coesfeld ausgewählt (**Abbildung 93**).

Auch der Cluster „Grünland mit viel Vieh“ zeichnet sich durch eine hohe Viehdichte aus (Mittelwert: 1,3 GVE/ha), gepaart mit einem sehr hohen Anteil an Dauergrünland an der landwirtschaftlichen Fläche (Mittelwert: 87 %) und einer hohen Grünfütterproduktion auf den Ackerflächen (Mittelwert: 63 % **Tabelle 128**). Zu diesem Cluster zählen der Rheinisch-Bergische Kreis und der Oberbergische Kreis, wobei letzterer als Beispielkreis ausgewählt wurde.

Der Cluster „Grünland mit wenig Vieh“ weist im Mittel eine Viehdichte von 0,9 GVE/ha auf, wobei der Grünlandanteil mit 61 % (Mittelwert) an der landwirtschaftlichen Fläche einen hohen Wert einnimmt. Gleichzeitig belegt Getreide einen hohen Anteil an der Ackerfläche (Mittelwert: 56 %). Dem Cluster zugehörige Kreise erstrecken sich vom Sauerland bis ins Ruhrgebiet. Als Beispielkreis wird der Märkische Kreis betrachtet.

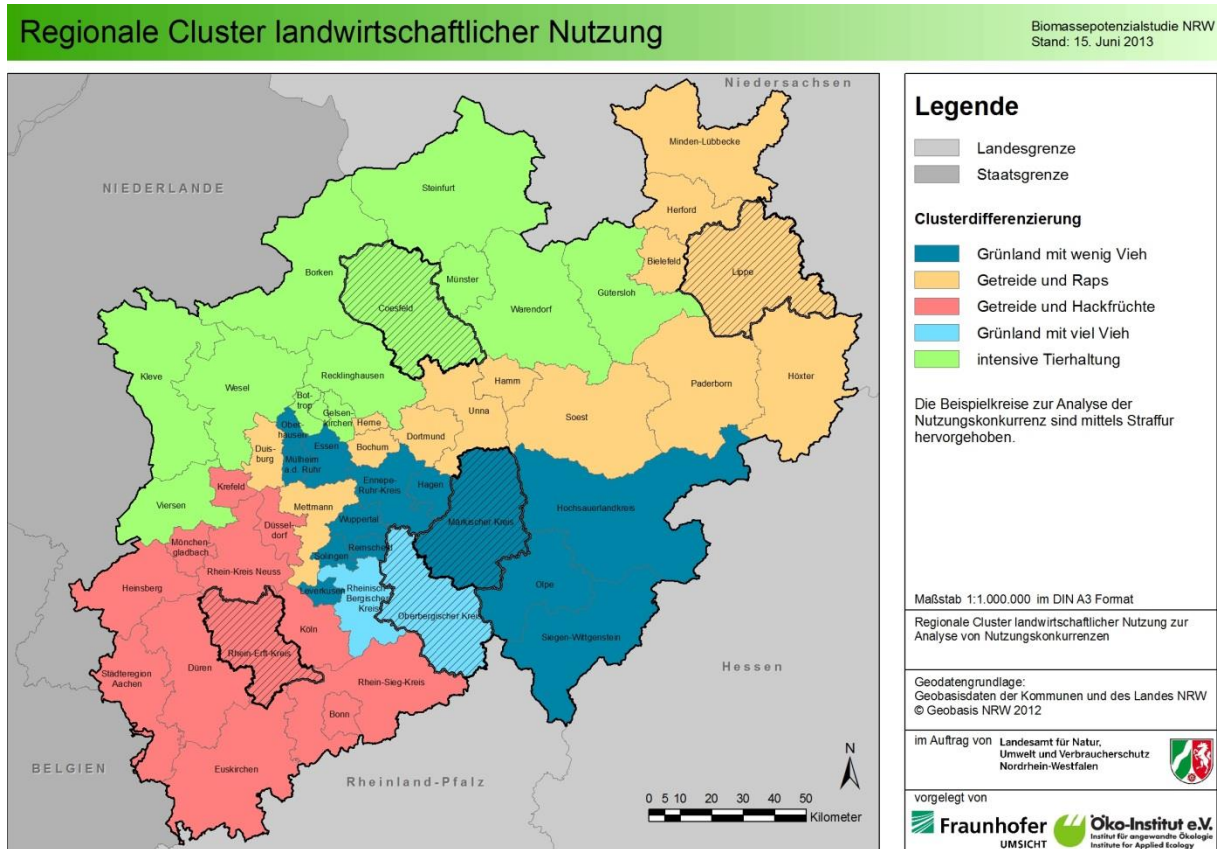


Abbildung 93: Gruppierung der Kreise in NRW nach landwirtschaftlichen Parametern; die Beispielkreise zur Analyse der Nutzungskonkurrenz sind durch Schraffur hervorgehoben.

Die Cluster „Getreide und Raps“ und „Getreide und Hackfrüchte“ zeichnen sich ebenfalls durch eine niedrige Viehdichte (Mittelwert: 0,8 GVE/ha bzw. 0,5 GVE/ha) und zudem durch einen niedrigen Grünlandanteil (Mittelwert: 21 % bzw. 25 %) sowie einen hohen Anteil an Getreide in der Fruchtfolge (Mittelwert: 62 % bzw. 51 %) aus. Die beiden Cluster unterscheiden sich insbesondere dadurch, dass der Cluster „Getreide und Raps“ einen hohen Anteil an Raps in der Fruchtfolge (Mittelwert: 12 %), der Cluster „Getreide und Hackfrüchte“ hingegen einen hohen Anteil an Hackfrüchten (Mittelwert: 21 %) aufweist. Die Kreise des Clusters „Getreide und Raps“ erstrecken sich vom östlichen NRW bis ins Ruhrgebiet. Für diesen Cluster wurde als Beispielkreis der Kreis Lippe ausgewählt. Die Kreise im Cluster „Getreide und Hackfrüchte“ finden sich im südwestlichen NRW. Der gewählte Beispielkreis ist der Rhein-Erft-Kreis.

Im Folgenden wird zuerst anhand der Kreise im Cluster „intensive Tierhaltung“ beispielhaft die aktuelle Nutzungskonkurrenz beschrieben. Anschließend werden die genannten Beispielkreise im Hinblick auf eine zukünftige Nutzungskonkurrenz im Fall einer steigenden Bioenergieproduktion analysiert.

A 2.3.1 Nutzungskonkurrenz in Kreisen mit intensiver Tierhaltung

Die energetische Nutzung von Biomasse erfolgt im landwirtschaftlichen Sektor aktuell vor allem über Biogasanlagen. Es ist zu erwarten, dass bei einem Anstieg der Produktion von Biogassubstraten eine erhöhte Konkurrenz um landwirtschaftliche Flächen entsteht. Dies könnte folgende Effekte haben:

- Rückgang des Dauergrünlands

- Rückgang der Anbaufläche für Getreide und eine Verschiebung der Flächennutzung hin zu mehr frischer Biomasse
- Rückgang der Rinderbestände (Konkurrenz um Futterpflanzen)
- Verstärkte Abhängigkeit des Pachtpreises von der installierten Biogas-Leistung

Am stärksten sollten derartige Konkurrenzeffekte in Regionen auftreten, in denen relativ große Teile der landwirtschaftlichen Produktion an eine bestehende Nachfrage von frischem Futtermittel durch die Tierhaltung gebunden sind. In diesen Regionen ist der Spielraum für Änderungen der Flächennutzung geringer, als in anderen. Aus diesem Grund wird eine Analyse der heutigen Nutzungskonkurrenz exemplarisch für die Kreise des Clusters „intensive Tierhaltung“ vorgenommen. In dieser Region waren im Jahr 2012 Biogasanlagen mit einer Leistung von 95,78 MW installiert (Biogasanlagenbetreiber-Datenbank der LWK, Stand Juni 2012).

In der Region mit intensiver Tierhaltung nahm die landwirtschaftlich genutzte Fläche im Zeitraum 1999 bis 2010 von 611.889 ha auf 587.994 ha ab (Abnahme um 3,9 %). Dabei ist festzustellen, dass die Ackerfläche in dieser Zeit weitgehend konstant geblieben ist (Zunahme von 0,8 %). Allerdings nahm im gleichen Zeitraum die Dauergrünlandfläche – insbesondere ab 2007 – deutlich ab (Abnahme von 19,8 % seit 1999; Abnahme von 16,4 % seit 2003; **Abbildung 94**).

Die Fläche zum Anbau von Getreide stieg in der Region mit intensiver Tierhaltung von 1999 bis 2010 um 7,1 % an. Ebenfalls stieg die Anbaufläche für Futterpflanzen an (Anstieg von 7,5 %; **Abbildung 95**).

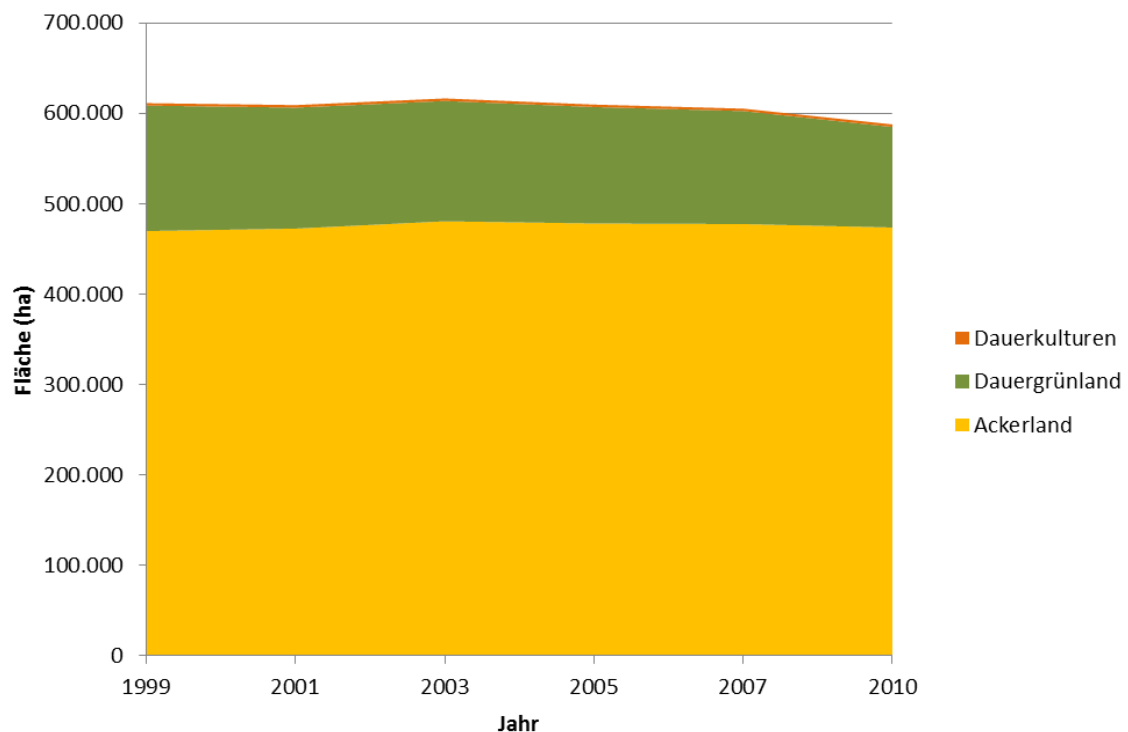


Abbildung 94: Ackerland, Dauergrünland und Dauerkulturen in der Region mit intensiver Tierhaltung (1999 - 2010)

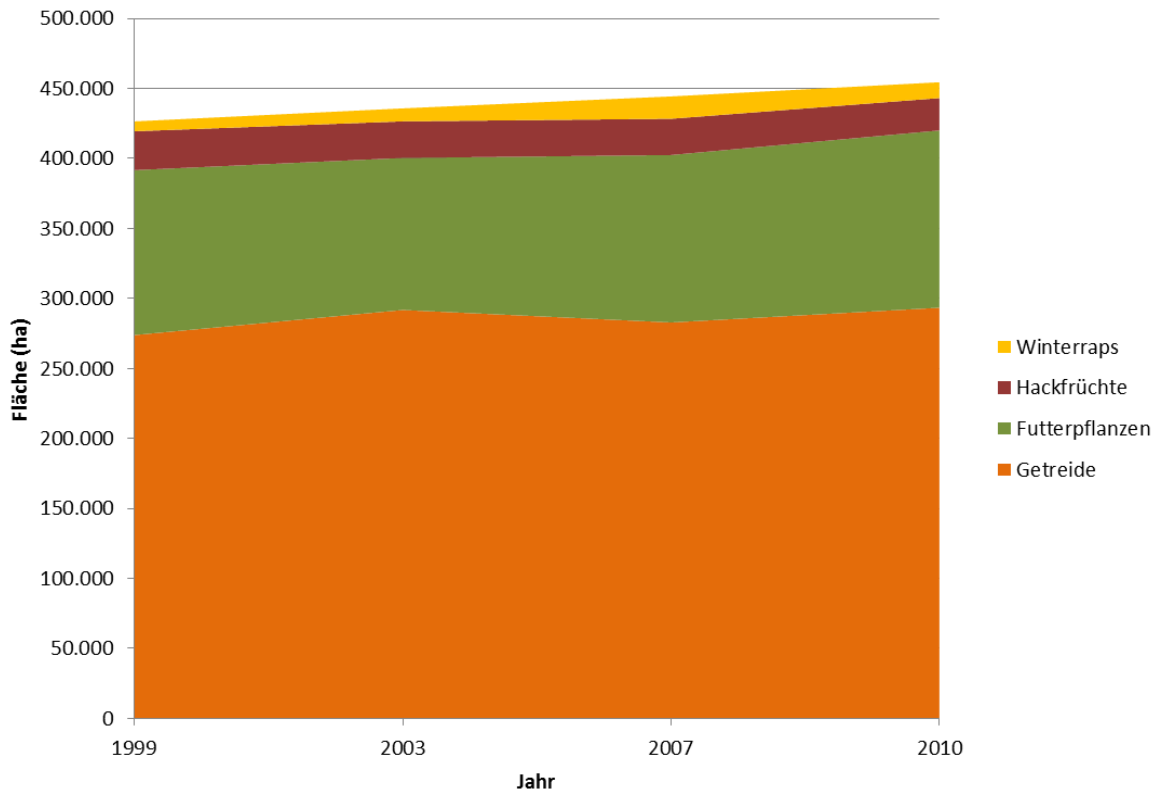


Abbildung 95: Entwicklung der Anbauflächen für Getreide, Futterpflanzen, Hackfrüchte und Wintererbs in der Region mit intensiver Tierhaltung (1999 - 2010)

Der Tierbesatz mit Schweinen in der Region mit intensiver Tierhaltung zeigte einen kontinuierlichen Anstieg von 1999 bis 2010 (Schweine > 50 kg Zunahme von 3,6 %, Schweine < 50 kg Zunahme von 15,8 %). Der Rinderbestand nahm bis 2007 deutlich ab, stieg aber von 2007 bis 2010 wieder an, so dass sich in der Summe eine Abnahme von 1,2 % für Rinder älter als 2 Jahre und Milchkühe, sowie von 11 % für Rinder jünger als 2 Jahre ergab (**Abbildung 96**).

Für die Pachtpreise in der Region mit intensiver Tierhaltung zeigt sich, dass der Pachtpreis im Jahr 2010 sowohl mit der Höhe des Tierbesatzes als auch mit der Höhe der installierten Biogas-Leistung positiv korreliert (**Abbildung 97**). Allerdings liegt eine starke positive Autokorrelation zwischen Tierbesatz und installierter Biogas-Leistung vor, so dass es kein Indiz gibt, ob die Höhe des Pachtpreises eher vom Tierbesatz oder von der Biogas-Leistung abhängt. Zudem ist zu berücksichtigen, dass der Pachtpreis auch durch Preise für andere Produkte, die zum Teil global gehandelt werden, bedingt ist.

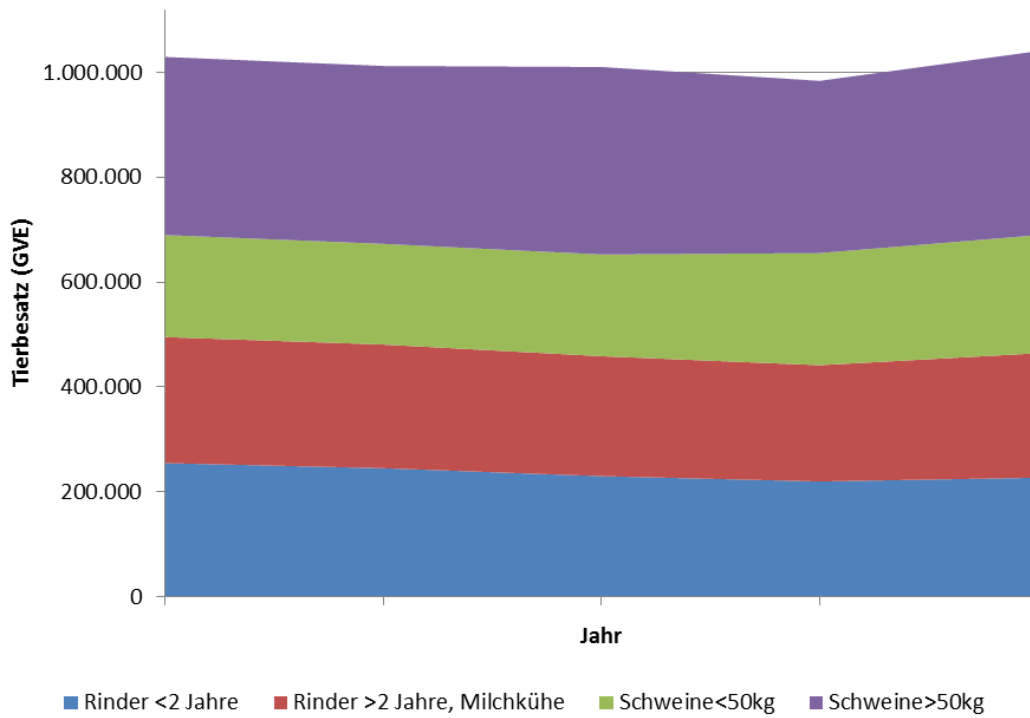


Abbildung 96: Entwicklung des Tierbesatzes (Rinder und Schweine) in der Region mit intensiver Tierhaltung (1999 - 2010)

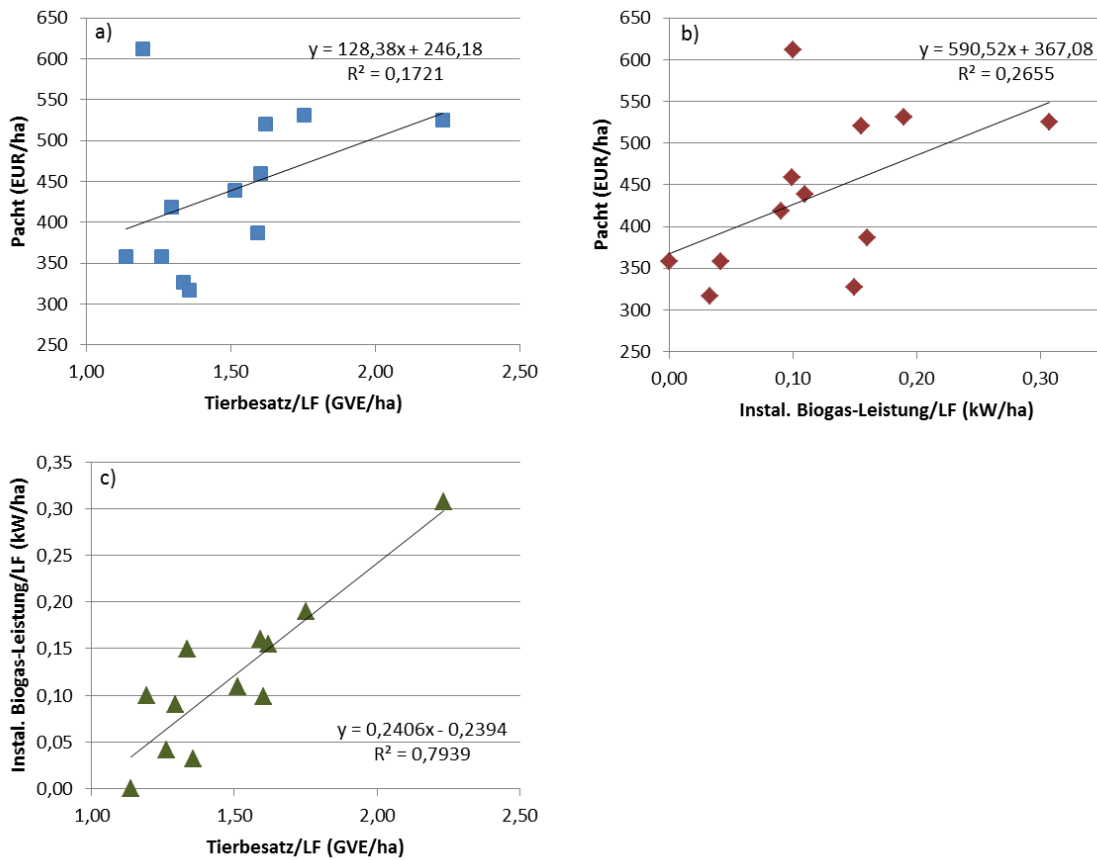


Abbildung 97: Korrelation zwischen Tierbesatz, installierter Biogasleistung und Pachtpreisen in Kreisen mit intensiver Tierhaltung

Zusammenfassend lässt sich für die Region mit intensiver Tierhaltung folgendes festhalten:

- Mit einem Rückgang des Dauergrünlands um 19,8 % ist ein sehr großer Effekt zu verzeichnen. Dies geht einher mit einem gestiegenen Anbau an Getreide und an Grünfütter (inkl. Biogassubstrate). Dieser Effekt kann zum Teil der Biogasproduktion zugeschrieben werden.
- In der Region wurden sowohl die Getreideanbaufläche als auch die Anbaufläche für Grünfütter ausgebaut. Damit war der vermutete Rückgang der Anbaufläche für Getreide in Kombination mit einer Verschiebung der Flächennutzung hin zu mehr frischer Biomasse nicht zu beobachten.
- Die Rinderbestände sind zwar zurückgegangen, stiegen aber seit 2007 wieder an, obwohl in diesem Zeitraum weitere Biogasanlagen installiert wurden. Damit ist eine Konkurrenz zwischen Futterpflanzen und Biogassubstrat nicht zu bestätigen. Der Anstieg der Rinderbestände seit 2007 geht vielmehr mit einem starken Rückgang des Dauergrünlands einher.
- Die Analyse der aktuellen Pachtpreise zeigt keinen eindeutigen Zusammenhang mit der installierten Biogas-Leistung.

A 2.3.2 Ausweitung von Anbaubiomasse in den Beispielkreisen

Im Jahr 2012 wurden in NRW auf ca. 8,1 % der Ackerfläche bzw. auf knapp 5,8 % der landwirtschaftlichen Fläche Biogassubstrate angebaut (vgl. Kapitel 3.1). Zur Ableitung möglicher Auswirkungen von Nutzungskonkurrenzen auf Flächennutzung und mögliche Importe, die durch eine zusätzliche Bioenergienutzung in einem Beispielkreis ausgelöst werden könnten, wird angenommen, dass in dem betrachteten Kreis ein signifikanter Anteil der landwirtschaftlichen Fläche zusätzlich für die Produktion von Biomasse zur energetischen Nutzung verwendet wird. Als ein signifikanter Anteil werden 5 %²¹ der landwirtschaftlichen Fläche angesetzt und für die Betrachtung in jedem Beispielkreis herangezogen.

Bei der qualitativen Bewertung für ein zukünftiges Auftreten von Nutzungskonkurrenzen und deren Auswirkungen wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Winterraps zur Herstellung von Biodiesel wird in naher Zukunft (spätestens ab 2018) nicht mehr konform mit der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (renewable energy directive RED) produziert werden können, da THG-Reduktionsziele von 50 % nicht erreicht werden.
- Getreidearten (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer und Körnermais) sowie Kartoffel und Zuckerrübe können über überregionale Märkte (global oder andere Bundesländer) importiert werden. Eine Verdrängung durch einen zusätzlichen Anbau von Bioenergie-Substraten ist theoretisch vollständig möglich.
- Es wird angenommen, dass der Viehbestand in naher Zukunft konstant bleibt (vgl. Kapitel A 2.3.1).
- Anbau von Silomais und Grasanbau auf Ackerflächen wird weiterhin für die Erzeugung von Tierfutter oder als Biogas-Substrat (bestehende Anlagen) eingesetzt. Diese Bedarfe können

²¹ Dieser Wert wurde in der Projektarbeitsgruppe festgelegt.

auch in Zukunft nur durch eine lokale Produktion – insbesondere aufgrund der Transportwürdigkeit der Substrate – und nicht über überregionale Märkte gedeckt werden. Eine Verdrängung hat direkt eine Reduktion von Tierbeständen zur Folge (Annahme: Biogasanlagenbestand bleibt konstant).

- Wiesen und Weiden werden vorwiegend zur Produktion von Viehfutter verwendet. Die Erträge liegen aber relativ niedrig. Durch eine Intensivierung der Grünlandflächen kann der Flächenertrag erhöht werden, oder Grünland wird zu Ackerflächen für den Anbau von Biogas-Substraten umgebrochen. Nach den aktuellen *Cross Compliance* (CC)-Bestimmungen (siehe Kapitel 2.2.2.1) sind die Direktzahlungen an den Erhalt von Dauergrünland gebunden (vgl. Dauergrünlanderhaltungsverordnung - DGL-VO NRW vom 12.01.2011). Ohne Genehmigung dürfen 5 % (Vergleich zu 2003) des Grünlands umgebrochen werden und mit Genehmigung bis zu 10 %. Im Jahr 2012 lag der Grünlandumbruch in NRW bereits bei 6,2 %²². Dies zeigt, dass die Umsetzung des politisch gewollten Grünlandsschutzes nicht einfach erreicht werden kann.
- Indirekte Effekte: Eine Verdrängung des Anbaus von bestehenden Fruchtarten durch den Anbau von zusätzlichen Bioenergie-Substraten führt zu indirekten Effekten, solange die zuvor produzierten Fruchtarten weiterhin benötigt werden. Dies bedeutet, dass die verdrängten Feldfrüchte (oder deren Substitute) auf anderen Flächen in der Nachbarschaft (z.B. Dauergrünland), oder an einem anderen Ort in der Welt produziert werden müssen. Diese indirekten Effekte führen insbesondere durch indirekte Landnutzungsänderung zu zusätzlichen THG-Emissionen und zum Verlust von biologischer Vielfalt (siehe Details in Fritsche/Wiegmann 2011). Durch indirekte Effekte wird darum die Einsparung von THG-Emissionen durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe deutlich verringert.

Beispielkreis Coesfeld (Cluster „Intensive Tierhaltung“)

Im Beispielkreis Coesfeld im Cluster „Intensive Tierhaltung“ (LF: 69.229 ha, **Tabelle 129**) wird angenommen, dass zusätzlich 3.500 ha (= 5,1 %) der bestehenden landwirtschaftlichen Fläche für die Erzeugung von Biomasse zur energetischen Nutzung in Biogasanlagen verwendet werden. Die Viehdichte ist mit 1,97 GVE/ha als hoch einzustufen (**Tabelle 130**).

Ein großer Anteil von energetisch genutzter Biomasse wird wahrscheinlich auf Flächen erzeugt werden, auf denen aktuell Winterraps (2.248 ha) zur Herstellung von Biodiesel angebaut wird. Die Menge an fehlendem Biokraftstoff zum Erreichen der Beimischungsquote wird entweder durch andere erneuerbare Energiequellen (Elektromobilität), durch Biokraftstoffe aus Abfällen (keine indirekten Effekte), oder durch Biokraftstoffe aus anderer Anbaubiomasse (Auftreten indirekter Effekte in Deutschland oder global) gedeckt.

Der verbliebene Flächenbedarf für den zusätzlichen Anbau an Bioenergie kann dann zu einer Verdrängung von Getreidearten führen, wenn der Deckungsbeitrag für den Anbau von Bioenergie-Substraten höher ist, als der der Getreidearten (**Tabelle 127**). Die verdrängten Getreidemengen wer-

²² <http://www.gruene-bundestag.de/themen/agrar/gruenlandflaeche-nimmt-in-deutschland-weiter-ab.html>; nach Auswertung der IT.NRW-Daten liegt die Abnahme des Dauergrünlands in NRW von 2003 bis 2010 bei 8,3 %.

den dann entweder von überregionalen Märkten nach NRW importiert, oder nicht mehr exportiert. Die Verdrängung von Raps und Getreide führt zu indirekten Effekten, die in Deutschland oder global auftreten.

Tabelle 129: Fruchtartenverteilung in den Beispielkreisen; eigene Berechnung anhand der Landwirtschaftszählung 2010 (IT.NRW 2010)

	Coesfeld (Cluster „Intensive Tierhaltung“)		Lippe (Cluster „Getreide und Raps“)		Märkischer Kreis (Cluster „Grünland mit wenig Vieh“)		Oberberg. Kreis (Cluster „Grünland mit viel Vieh“)		Rhein-Erft-Kreis (Cluster „Getreide und Hackfrüchte“)	
	[ha]	[%LF]	[ha]	[%LF]	[ha]	[%LF]	[ha]	[%LF]	[ha]	[%LF]
Landwirtschaftliche Fläche (LF)	69.229	100	53.517	100	26.079	100	29.528	100	32.833	100
Dauergrünland	7.129	10,3	8.926	16,7	17.116	65,6	26.834	90,9	1.269	3,9
Dauerkulturen	173	0,3	299	0,6	134	0,5	106	0,4	136	0,4
Acker	61.897	89,4	44.265	82,7	8818	33,8	2577	8,7	31.414	95,7
	[ha]	[%AF]	[ha]	[%AF]	[ha]	[%AF]	[ha]	[%AF]	[ha]	[%AF]
Winterweizen	21.306	34,4	15.072	34	2.151	24,4	226	8,8	12.725	40,5
Roggen/ Wintermengengetreide	781	1,3	912	2,1	150	1,7	15	0,6	138	0,4
Triticale	1.353	2,2	1.708	3,9	199	2,3	101	3,9	97	0,3
Wintergerste	10.119	16,3	8.500	19,2	1.564	17,7	122	4,7	3.161	10,1
Sommergerste	192	0,3	196	0,4	154	1,7	68	2,6	370	1,2
Hafer	264	0,4	809	1,8	291	3,3	74	2,9	248	0,8
Körnermais (inkl. CCM)	13.937	22,5	307	0,7	76	0,9	58	2,3	435	1,4
Silomais	8.117	13,1	3.262	7,4	1.794	20,3	1.505	58,4	1.213	3,9
Grasanbau auf Acker	1.668	2,7	1.275	2,9	732	8,3	231	9	386	1,2
Kartoffeln	80	0,1	472	1,1	126	1,4	8	0,3	1.812	5,8
Zuckerrüben	143	0,2	2.013	4,5	18	0,2	0	0,0	6.933	22,1
Winterraps	2.248	3,6	7.070	16	973	11	20	0,8	1.405	4,5
Sonstige*	1.528	2,5	2.334	5,3	586	6,6	147	5,7	828	2,6
	[ha]	[%GF]	[ha]	[%GF]	[ha]	[%GF]	[ha]	[%GF]	[ha]	[%GF]
Wiesen	2.576	36,1	3.147	35,3	5.790	33,8	8.791	32,8	274	21,6
Weiden	3.909	54,8	4.938	55,3	10.261	60,0	17.229	64,2	788	62,1
Sonstiges Dauergrünland	644	9,0	841	9,4	1.065	6,2	814	3,0	208	16,4

* Die Kategorie „Sonstige“ wird nicht betrachtet

In dem Fall, dass kein Umbruchverbot bzw. Intensivierungsverbot für Dauergrünland besteht und dass Deckungsbeiträge für Getreidearten bzw. Bioenergie-Substrate deutlich höher sind als für eine beste-

hende Wiesen-/Weidenutzung inklusive Subventionen (**Tabelle 127**), ist ein Umbruch bzw. eine Intensivierung von Dauergrünland wahrscheinlich.

Beispielkreis Lippe (Cluster „Getreide und Raps“)

Der Kreis Lippe als Beispielkreis für den Cluster „Getreide und Raps“ weist eine landwirtschaftliche Fläche von 53.517 ha auf (**Tabelle 129**). Mit einem Wert von 0,5 GVE/ha hat der Kreis Lippe einen niedrigen Tierbestand (**Tabelle 130**). Es wird angenommen, dass eine Fläche von 2.700 ha (= 5,1 %) für den zusätzlichen Anbau von Bioenergie-Substraten verwendet wird.

Im Kreis Lippe werden auf 7.070 ha Winterraps angebaut. Da der Anbau von Winterraps aufgrund der politischen Rahmenbedingungen im Biokraftstoffbereich wahrscheinlich deutlich zurückgehen wird, ist im Kreis Lippe zu erwarten, dass der zusätzliche Flächenbedarf von 2.700 ha für den Anbau von Biogassubstraten in Zukunft zu einem großen Anteil von diesen Flächen stammen wird. Es wird angenommen, dass fehlende Mengen an Biokraftstoff entweder durch andere erneuerbare Energiequellen, durch Biokraftstoffe aus Abfällen (keine indirekten Effekte) oder durch Biokraftstoffe aus anderer Anbaubiomasse (Auftreten indirekter Effekt) ersetzt werden.

Tabelle 130: Tierbestände und Futterproduktionsfläche; eigene Berechnung nach der Landwirtschaftszählung 2010 (IT.NRW 2010)

Parameter	Coesfeld	Lippe	Märkischer Kreis	Oberberg. Kreis	Rhein-Erft-Kreis
Cluster	Intensive Tierhaltung	Getreide und Raps	Grünland mit wenig Vieh	Grünland mit viel Vieh	Getreide und Hackfrüchte
Tierbestand [GV]	136.554	28.346	27.906	38.940	5.141
Landwirtschaftliche Fläche [ha]	69.229	53.517	26.079	29.528	32.833
Tierbestandsdichte [GV/ha]	1,97	0,53	1,07	1,32	0,30
Rinder [Anzahl]	58.482	15.657	28.091	47.144	2.570
Milchkühe [Anzahl]	12.142	5.519	11.706	19.628	917
Schweine [Anzahl]	868.551	132.928	40.077	1.638	7.639
Mastschweine [Anzahl]	-	56.733	16.732	-	4.139
Zuchtsauen [Anzahl]	53.803	8.538	3.771	-	331
Legehennen über 1/2 Jahr [Anzahl]	323.971	23.444	37.609	34.555	56.865
Schafe [Anzahl]	3.220	5.601	2.648	3.051	1.533

Beispiel Rhein-Erft-Kreis (Cluster „Getreide und Hackfrüchte“)

Der Beispielkreis Rhein-Erft-Kreis (Cluster „Getreide und Hackfrüchte“) hat eine landwirtschaftliche Fläche von 32.833 ha (**Tabelle 129**). Die Viehdichte ist mit 0,3 GVE/ha sehr niedrig (**Tabelle 130**). In diesem Kreis wird ein zusätzlicher Anbau von 1.650 ha (= 5,0 %) an Biogassubstraten angenommen.

Die landwirtschaftliche Produktion ist vor allem durch einen hohen Anteil an Getreidearten (54,7 %) an der Ackerfläche und Hackfrüchten (Kartoffel und Zuckerrübe; 27,9 %) charakterisiert. Lediglich 1.405 ha der Anbaufläche sind mit Winterraps belegt. Ein Teil der zusätzlichen Anbaufläche wird wahrscheinlich auf Rapsflächen entfallen (s.o.).

Der verbliebene Anteil an Anbaufläche wird voraussichtlich einen Teil des Getreideanbaus verdrängen, da für die Getreidearten ein deutlich niedrigerer Deckungsbeitrag als für Kartoffeln und Zuckerrübe erzielt werden kann (**Tabelle 127**). Wie bereits für den Kreis Coesfeld beschrieben, werden die verdrängten Getreidemengen entweder von überregionalen Märkten nach NRW importiert, oder nicht mehr exportiert (Verursachung indirekter Effekte).

Mit etwa 1.200 ha weist der Rhein-Erft-Kreis einen geringen Anteil an Dauergrünland auf. Im Falle des Fehlens eines starken Grünlandsschutzes (kein Umbruch, keine Intensivierung), ist aufgrund des geringen Deckungsbeitrags von Grünland ein Umbruch oder eine Intensivierung der Grünlandflächen wahrscheinlich.

Beispiel Märkischer Kreis (Cluster „Grünland mit wenig Vieh“)

Der Märkische Kreis (Cluster „Grünland mit wenig Vieh“) mit 26.079 ha landwirtschaftlicher Fläche weist mit 17.116 ha einen sehr hohen Anteil an Dauergrünland (65,6 %) und einen niedrigen Anteil an Ackerflächen (8.818 ha; 33,8 %) auf (**Tabelle 129**). Dabei ist die Viehdichte mit 1,1 GVE/ha verhältnismäßig niedrig (**Tabelle 130**).

Unter der Annahme, dass 1.300 ha (= 5,0 %) der landwirtschaftlichen Fläche für den Anbau von zusätzlichen Bioenergie-Substraten genutzt werden, ist es wiederum wahrscheinlich, dass ein gewisser Anteil auf ehemaligen Rapsanbauflächen (973 ha) angebaut wird.

Aufgrund der relativ geringen Viehdichte werden – trotz des geringen Anteils an Ackerflächen – nur etwa 1/3 der Ackerflächen für den Anbau von Grünfutter verwendet. Auf den restlichen 2/3 Ackerflächen werden Getreidearten angebaut, so dass die zusätzlich benötigte Fläche Getreidearten verdrängen kann (s.o. zu indirekten Effekten).

Da ein sehr großer Flächenanteil an Dauergrünland mit geringem Deckungsbeitrag vorliegt, ist es sehr wahrscheinlich, dass es zu einer Umwandlung oder Intensivierung von Dauergrünland im Märkischen Kreis kommt, wenn kein entsprechender Schutz für das Dauergrünland besteht.

Beispiel Oberbergischer Kreis (Cluster „Grünland mit viel Vieh“)

Im Oberbergischen Kreis (Cluster „Grünland mit viel Vieh“) sind mit 26.834 ha über 90 % der landwirtschaftlichen Fläche Dauergrünland (gesamte LF: 29.528 ha, **Tabelle 129**). Die Ackerfläche von 2.577 ha ist zudem auf 1.736 ha für den Anbau von Grünfutter belegt, das als Futter für den relativ hohen Viehbestand (1,3 GVE/ha, **Tabelle 130**) benötigt wird. Der Anteil an Winterraps und Hackfrüchten ist sehr gering (28 ha). Auf weniger als 700 ha der Ackerfläche werden Getreidearten angebaut.

Ein zusätzlicher Flächenbedarf von 1.500 ha (= 5,1 %) für den Anbau von Bioenergie-Substrat kann nur zu einem Anteil von unter 50 % über die Verdrängung von Getreide oder Raps (mit entsprechenden indirekten Effekten) gedeckt werden.

In der Situation des Oberbergischen Kreises müsste eine zusätzliche Produktion von Bioenergie-Substraten auf Grünlandflächen stattfinden – sofern das aus standörtlichen Gegebenheiten überhaupt möglich ist. Dies würde einen Umbruch von Dauergrünland in einer Größenordnung von mehr als 800 ha oder eine starke Intensivierung eines noch größeren Flächenanteils des Dauergrünlands bedeuten.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich aus der detaillierten Betrachtung der Beispielkreise Folgendes ableiten:

- Nutzungskonkurrenz zwischen der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Bioenergie besteht schon heute. Die beispielhafte Analyse der Region mit intensiver Tierhaltung zeigt, dass die aktuelle Nutzungskonkurrenz insbesondere zu einem deutlichen Rückgang der Dauergrünlandflächen führen kann. Auch ist eine Verschiebung der Tierbestände hin zu mehr Schweinen und weniger Rindern zu erwarten. In der Summe ist eine Intensivierung der Landwirtschaft zu verzeichnen (mehr Getreidefläche und mehr Futterfläche, Wiederanstieg der Rinderbestände seit 2007 trotz Biogasanlagen, Rückgang des Dauergrünlands). Des Weiteren ist ein Anstieg der Nutzungskonkurrenz von 1999 bis 2010 festzustellen, der auch durch eine erhöhte Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten (inkl. Biogassubstraten) bedingt ist.
- Aktuell werden bereits faktisch alle Ackerflächen in NRW für den Anbau verwendet – ungenutzte Ackerflächen liegen praktisch nicht vor. Lediglich in Kreisen mit einer hohen Flächenbelegung für den Anbau von Winterraps (Cluster „Getreide und Raps“) ist zukünftig mit Flächenpotenzialen zu rechnen, da Biodiesel auf Basis von Winterraps voraussichtlich die steigenden THG-Reduktionsziele in Zukunft nicht einhalten wird. Werden diese Flächen für den Anbau von Bioenergie-Substraten im Strom- und Wärmesektor umgewidmet, fehlen entsprechende Mengen an Biokraftstoffen im Verkehrssektor. Zum Erreichen der Beimischungsquote müssen dann entweder andere erneuerbare Energiequellen, Biokraftstoffe aus Abfällen und Reststoffen oder importierte Biokraftstoffe verwendet werden. Letzteres wird zu weltweiten direkten bzw. indirekten Landnutzungseffekten führen.
- Es liegt in vielen Kreisen eine relativ hohe Belegung an Flächen durch die Produktion von Futtermitteln vor, die nicht durch Produkte des Weltmarkts substituiert werden können. Eine Reduktion der Tierbestände würde eine Freisetzung von Anbauflächen bedeuten, die für den Anbau von Bioenergie verwendet werden könnten. Solange aber der Konsum an Tierprodukten nicht abnimmt, würde dies zu erhöhten Importen bzw. verringerten Exporten an Tierprodukten sowie zu assoziierten indirekten Effekten führen.
- In allen Kreisen kann grundsätzlich die bestehende Produktion von Feldfrüchten, die auf überregionalen Märkten gehandelt werden, zugunsten des Anbaus von Bioenergie verdrängt werden. Mit Ausnahme der Kreise im Cluster „Getreide und Raps“, in denen voraussichtlich Anbauflächen für Winterraps frei werden, ist dies eine Option, wenn der Deckungsbeitrag für Bioenergie höher ist als der für die bestehenden Feldfrüchte. Solange aber der Bedarf an den zuvor produzierten Feldfrüchten immer noch besteht, geht diese Verdrängung zwangsläufig mit indirekten Landnutzungsänderungseffekten (iLUC-Effekte) einher, die in Deutschland und/oder weltweit auftreten. Es ist dabei zu betonen, dass negative Auswirkungen wie erhöhte

THG-Emissionen und der Verlust an biologischer Vielfalt durch iLUC unkontrolliert auftreten können.

- Als eine wirtschaftlich attraktive Möglichkeit erscheint die Nutzung von Dauergrünlandflächen zur Bioenergieproduktion, weil die Deckungsbeiträge des Dauergrünlands verhältnismäßig niedrig sind. Da das Dauergrünland bereits zur Produktion von Viehfutter genutzt wird, kann eine zusätzliche Biomasseproduktion auf diesen Flächen nur über eine deutliche Steigerung von Flächenerträgen erfolgen (weiterhin Nutzung als Grünfutter und zusätzlich Biomasse für die energetische Nutzung). Entweder kann dies durch Ackerbau nach Umbruch des Dauergrünlands erfolgen, oder durch eine starke Intensivierung des Grünlands. Solange es keinen umfassenden Schutz des Dauergrünlands gegen Umbruch und Intensivierung gibt, ist dies in allen Kreisen eine wahrscheinliche Option, die entsprechend negative Auswirkungen auf Natur und Umwelt nach sich zieht. Im Cluster „Grünland mit viel Vieh“ ist es sogar die einzige Möglichkeit, um eine zusätzliche Ausweitung der Anbaufläche für Bioenergie auf 5 % der landwirtschaftlichen Fläche zu erreichen. Unter dem Aspekt der ökologischen Nachhaltigkeit ist dies nicht empfehlenswert.

Diese beschriebenen Auswirkungen sind bei der Bewertung der machbaren Szenarien für die Anbau-biomassepotenziale zu berücksichtigen.

Anhang II

Tabelle A1: Biomassepotenziale Landwirtschaft auf Kreisebene

Name Kreis	landw. Fläche [km²]	Minimale potenzielle Stromerträge [GWh]	Maximale potenzielle Stromerträge [GWh]	Minimale potenzielle Wärmeerträge [GWh]	Maximale potenzielle Wärmeerträge [GWh]	bereits in BGA realisiert: Strom [GWh]	bereits in BGA realisiert: Wärme [GWh]
Bielefeld	6.695	13,0	54,0	51,9	102,2	11,3	14,0
Bochum	1.903	0,0	17,8	14,9	36,7	0,0	0,0
Bonn	1.206	0,5	8,7	4,8	11,1	0,0	0,0
Borken	87.818	326,9	326,9	940,5	940,5	221,6	274,1
Bottrop	3.149	7,9	14,5	23,1	31,2	4,5	5,5
Coesfeld	69.229	178,0	448,8	923,0	1.048,9	95,1	117,6
Dortmund	4.893	1,2	39,2	24,9	50,9	0,0	0,0
Duisburg	3.023	1,1	10,1	15,6	23,1	0,0	0,0
Düren	50.109	79,2	435,9	419,3	610,0	17,6	21,8
Düsseldorf	3.378	7,3	25,8	24,2	35,5	6,6	8,1
Ennepe-Ruhr-Kreis	11.551	8,5	65,1	37,9	85,6	3,8	4,7
Essen	3.170	4,9	22,0	19,0	28,5	5,0	6,2
Euskirchen	49.775	46,0	394,5	244,4	506,0	15,3	18,9
Gelsenkirchen	893	0,7	3,9	4,5	7,7	0,0	0,0
Gütersloh	52.114	99,6	281,7	407,5	523,8	63,6	78,6
Hagen	1.743	0,8	9,9	5,3	16,0	0,0	0,0
Hamm	11.000	14,6	78,1	42,3	117,6	8,6	10,6
Heinsberg	37.263	76,1	309,3	290,1	460,9	16,8	20,7
Herford	19.992	40,0	188,4	200,3	271,3	33,6	41,6
Herne	529	0,1	4,8	4,0	9,7	0,0	0,0
Hochsauerlandkreis	55.285	59,8	287,1	192,2	372,4	36,9	45,7
Höxter	65.787	113,2	577,6	587,2	832,1	81,3	100,6
Kleve	72.610	159,3	354,1	462,5	582,3	55,6	68,8
Köln	8.141	12,1	86,9	67,9	111,1	6,5	8,0
Krefeld	3.713	6,1	20,4	23,4	30,8	3,4	4,2
Leverkusen	2.068	0,5	12,8	6,8	16,1	0,0	0,0
Lippe	53.517	95,1	551,1	497,3	758,3	81,7	101,1
Märkischer Kreis	26.079	22,7	133,9	79,7	170,9	8,4	10,3
Mettmann	12.541	9,3	100,6	85,0	127,7	4,9	6,1
Minden-Lübbecke	64.021	123,1	451,9	570,5	719,4	96,6	119,5
Mönchengladbach	6.117	7,7	47,3	38,7	60,0	0,0	0,0
Mülheim a.d. Ruhr	1.507	0,1	10,3	5,8	13,7	0,0	0,0
Münster	13.224	20,7	100,7	139,2	184,3	9,8	12,1
Oberbergischer Kreis	29.528	22,4	123,0	34,5	154,1	1,2	1,4
Oberhausen	465	0,0	2,6	1,9	3,5	0,0	0,0
Olpe	14.432	11,2	81,4	21,8	102,7	3,3	4,1
Paderborn	60.751	117,0	404,1	459,3	634,9	82,2	101,7
Recklinghausen	25.232	31,8	108,4	186,6	224,8	9,2	11,4
Remscheid	1.372	1,2	3,4	3,3	4,4	0,0	0,0
Rhein-Erft-Kreis	32.833	48,1	319,2	279,3	453,8	1,9	2,4
Rheinisch-Bergischer	12.075	13,2	48,7	23,5	62,2	6,5	8,0
Rhein-Kreis Neuss	29.117	48,2	225,6	215,8	296,0	14,3	17,7
Rhein-Sieg-Kreis	43.611	36,7	238,5	166,5	313,8	6,5	8,0
Siegen-Wittgenstein	16.841	6,7	102,0	12,4	127,6	0,1	0,1
Soest	74.994	152,8	703,4	722,1	1.085,5	125,0	154,6
Solingen	1.358	2,5	8,4	6,3	10,5	2,5	3,1
Städteregion Aachen	23.802	32,7	150,0	112,3	188,8	12,7	15,7
Steinfurt	100.721	223,1	459,9	920,0	1.082,5	132,4	162,6
Unna	26.222	31,5	222,7	228,3	345,7	18,3	22,6
Viersen	27.702	58,2	132,5	151,7	187,2	21,5	26,6
Warendorf	85.427	155,2	552,9	915,3	1.115,2	73,7	91,2
Wesel	49.875	62,2	195,0	260,1	346,4	12,8	15,8
Wuppertal	2.694	1,0	12,8	6,8	16,1	0,0	0,0
Summe	1.463.095	2.591,8	9.560,6	11.364,0	15.646,7	1.412,4	1.745,7

* hierbei handelt es sich um produzierte Energiemengen. Insbesondere bei Wärme ist nicht bekannt, wie viel davon real genutzt wird – sprich, in ein Wärmenetz eingespeist wird.

Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 3 - Bioenergie

Anhang

Tabelle A2: Biomassepotenziale Forstwirtschaft auf Kreisebene

Name	Waldfläche [km ²]	Minimale potenzielle Stromerträge [GWh]	Maximale potenzielle Stromerträge [GWh]	Minimale potenzielle Wärmeerträge [GWh]	Maximale potenzielle Wärmeerträge [GWh]
Bielefeld	5.519	1,19	1,62	24,46	33,28
Bochum	1.044	0,23	0,31	4,80	6,28
Bonn	3.954	0,48	0,57	9,75	11,68
Borken	20.877	2,17	3,83	44,56	78,54
Botrop	2.305	0,33	0,38	6,72	7,69
Coesfeld	17.581	2,84	5,77	58,23	118,24
Dortmund	3.883	0,69	0,91	14,12	18,61
Duisburg	1.957	0,27	0,41	5,59	8,32
Düren	19.840	3,02	4,07	61,89	83,34
Düsseldorf	2.441	0,51	0,87	10,53	17,92
Ennepe-Ruhr-Kreis	12.292	2,63	3,94	53,86	80,67
Essen	2.796	0,61	0,94	12,52	19,26
Euskirchen	47.499	7,91	10,86	162,11	222,61
Gelsenkirchen	809	0,12	0,14	2,37	2,84
Gütersloh	13.269	2,62	3,91	53,74	80,21
Hagen	6.751	1,14	1,51	23,36	31,02
Hamm	1.992	0,34	0,56	6,92	11,46
Heinsberg	6.828	0,72	1,06	14,68	21,67
Herford	3.814	0,99	1,55	20,22	31,70
Herne	292	0,07	0,09	1,37	1,77
Hochsauerlandkreis	109.377	22,55	26,66	462,16	546,35
Höxter	35.318	6,50	9,88	133,22	202,41
Kleve	17.473	2,69	4,15	55,11	85,11
Köln	6.358	1,69	2,00	34,71	41,04
Krefeld	1.294	0,22	0,22	4,58	4,58
Leverkusen	867	0,19	0,36	3,87	7,43
Lippe	37.893	8,02	10,45	164,24	214,07
Märkischer Kreis	52.465	10,15	15,01	207,92	307,57
Mettmann	7.567	1,44	3,07	29,59	62,94
Minden-Lübbecke	13.116	3,17	4,42	65,01	90,56
Mönchengladbach	1.723	0,27	0,37	5,62	7,63
Mülheim a.d. Ruhr	1.742	0,34	0,51	6,99	10,35
Münster	4.843	0,85	1,58	17,42	32,47
Oberbergischer Kreis	35.897	5,67	8,61	116,18	176,50
Oberhausen	1.001	0,15	0,18	3,16	3,66
Olpe	42.216	9,23	10,61	189,23	217,40
Paderborn	36.704	6,95	10,76	142,42	220,41
Recklinghausen	19.299	2,22	2,84	45,58	58,24
Remscheid	2.315	0,47	0,74	9,65	15,12
Rhein-Erft-Kreis	9.560	1,20	1,74	24,64	35,59
Rheinisch-Bergischer	16.013	3,51	5,94	71,90	121,66
Rhein-Kreis Neuss	4.188	0,64	1,29	13,13	26,50
Rhein-Sieg-Kreis	34.198	6,26	9,19	128,22	188,27
Siegen-Wittgenstein	73.203	11,31	13,79	231,84	282,61
Soest	26.412	6,40	7,67	131,06	157,20
Solingen	2.281	0,45	0,73	9,23	14,87
Städteregion Aachen	21.773	3,90	3,99	79,96	81,70
Steinfurt	25.429	4,45	7,07	91,25	144,81
Unna	6.655	1,15	1,74	23,55	35,56
Viersen	10.673	1,56	1,98	31,92	40,56
Warendorf	16.992	2,83	4,97	57,90	101,94
Wesel	17.898	2,28	3,30	46,72	67,62
Wuppertal	4.716	0,90	1,77	18,53	36,30
Summe	873.202	158,52	220,88	3.248,32	4.526,13

Die Effizienzpotenziale privater Einzelfeuerstätten wurden nicht regionalisiert ausgewiesen und sind darum in dieser Tabelle nicht enthalten.

Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 3 - Bioenergie

Anhang

Tabelle A3: Biomassepotenziale Abfallwirtschaft auf Kreisebene

Name	Einwohnerzahl	Fläche (km²)	Minimale potenzielle Stromerträge [GWh]	Maximale potenzielle Stromerträge [GWh]	Minimale potenzielle Wärmeeinträge [GWh]	Maximale potenzielle Wärmeeinträge [GWh]
Bielefeld	323.270	258,60	48,53	57,62	104,90	120,06
Bochum	374.737	145,62	56,98	69,15	124,96	141,92
Bonn	324.899	141,01	53,82	60,76	115,44	127,21
Borken	369.633	1.420,55	53,53	70,82	116,05	140,45
Bottrop	116.771	100,61	111,97	114,64	229,48	233,68
Coesfeld	219.784	1.111,47	28,77	38,37	62,78	78,07
Dortmund	580.444	280,51	84,34	106,60	184,27	214,88
Duisburg	489.559	232,75	92,87	101,50	197,97	211,34
Düren	267.712	941,25	42,58	57,19	96,01	117,03
Düsseldorf	588.735	217,41	108,14	122,43	230,20	254,97
Ennepe-Ruhr-Kreis	331.575	409,40	48,52	56,11	105,28	114,90
Essen	574.635	210,27	96,79	108,76	211,54	231,72
Euskirchen	190.962	1.248,56	31,13	43,91	70,73	89,84
Gelsenkirchen	257.981	104,93	44,12	54,31	96,44	110,95
Gütersloh	353.766	968,46	54,81	73,88	114,45	147,68
Hagen	188.529	160,40	35,28	38,94	75,23	79,81
Hamm	181.783	226,29	28,60	39,98	60,45	82,99
Heinsberg	254.936	628,08	35,54	44,89	78,48	90,99
Herford	249.020	450,10	32,95	40,12	72,00	82,75
Herne	164.762	51,40	22,42	25,05	50,35	54,30
Hochsauerlandkreis	267.601	1.958,58	43,02	52,27	94,44	106,57
Höxter	147.140	1.200,38	21,11	27,80	46,45	58,05
Kleve	307.807	1.233,08	45,11	59,96	100,28	124,17
Köln	1.007.119	404,91	191,70	220,15	412,98	464,25
Krefeld	235.076	137,76	57,30	63,09	119,85	129,24
Leverkusen	160.772	78,84	27,33	31,17	62,28	68,68
Lippe	351.158	1.245,28	46,32	61,37	102,30	127,90
Märkischer Kreis	430.965	1.060,41	68,20	78,86	148,60	161,65
Mettmann	495.155	407,03	75,17	89,14	164,71	187,57
Minden-Lübbecke	314.153	1.151,45	45,12	59,12	96,18	118,76
Mönchengladbach	257.993	170,49	57,33	63,19	120,71	129,88
Mülheim a.d. Ruhr	167.344	91,24	24,93	29,15	55,49	62,01
Münster	279.803	303,17	42,25	59,82	89,67	123,48
Oberbergischer Kreis	280.840	918,34	52,32	67,79	111,83	132,08
Oberhausen	212.945	77,08	30,55	34,69	68,54	75,21
Olpe	138.961	711,69	20,43	28,21	45,46	55,64
Paderborn	299.816	1.245,82	48,09	61,37	106,42	127,29
Recklinghausen	628.817	761,01	87,86	102,17	192,80	212,10
Remscheid	110.563	74,52	14,77	16,95	33,12	36,11
Rhein-Erft-Kreis	464.130	704,59	76,02	101,27	164,88	201,51
Rheinisch-Bergischer	276.927	437,21	27,01	35,38	60,75	73,47
Rhein-Kreis Neuss	443.286	576,40	75,66	93,47	163,06	184,96
Rhein-Sieg-Kreis	598.736	1.152,70	80,28	99,55	175,18	206,68
Siegen-Wittgenstein	282.681	1.132,10	38,28	50,96	85,05	98,51
Soest	304.167	1.327,76	42,16	52,81	93,21	109,99
Solingen	159.927	89,51	24,10	27,61	52,73	57,82
Städteregion Aachen	565.714	707,13	81,08	96,80	178,20	201,26
Steinfurt	443.357	1.794,68	61,88	81,30	136,01	164,24
Unna	411.806	542,93	60,66	69,97	133,24	144,16
Viersen	300.417	563,28	42,01	56,02	93,41	111,40
Warendorf	278.145	1.318,54	40,11	53,32	87,90	108,57
Wesel	468.619	1.042,69	69,27	84,13	154,00	174,98
Wuppertal	349.721	168,29	69,93	76,47	148,31	158,57
Summe	17.845.154,00	34.096,56	2.899,06*	3.510,38*	6.295,01*	7.222,30*

NRW-weit werden bereits heute 3,09 TWh/a Strom und 6,16 TWh/ Wärme aus Abfall produziert. Eine Gegenüberstellung mit dem Bestand ist auf Kreisebene nicht sinnvoll, da die Berechnungen teilweise auf den Anlagen beruhen und nicht auf anfallenden Mengen. Darüber hinaus gilt insb. für den Wärmebereich, dass nicht bekannt ist, in welchem Umfang die produzierte Energie genutzt wird.

* bei den Summen der potenziellen Erträge muss beachtet werden, dass die Erträge der tierischen Nebenprodukte (Strom 25 GWh, Wärme 50 GWh) nicht verortbar sind und darum hier in der Betrachtung der Kreise fehlen. Die Erträge der tierischen Nebenprodukte gehen nur bei Betrachtung der Potenziale auf NRW-Ebene ein.

Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 3 - Bioenergie

Anhang

Tabelle A4: Biomassepotenziale Gesamt (Land-, Forst- und Abfallwirtschaft) auf Kreisebene

Name	Minimale potenzielle Stromerträge [GWh]	Stromerträge nach NRW-Leitszenario [GWh]	Maximale potenzielle Stromerträge [GWh]	Minimale potenzielle Wärmeerträge [GWh]	Wärmeerträge nach NRW-Leitszenario [GWh]	Maximale potenzielle Wärmeerträge [GWh]
Bielefeld	62,69	90,02	113,29	181,25	218,74	255,54
Bochum	57,22	79,04	87,27	144,61	173,40	184,90
Bonn	54,77	67,61	70,08	129,96	145,12	149,98
Borken	382,63	399,92	401,58	1.101,12	1.125,54	1.159,52
Botrop	120,22	122,90	129,53	259,30	263,51	272,59
Coesfeld	209,57	219,16	492,95	1.044,05	1.059,34	1.245,25
Dortmund	86,22	125,52	146,69	234,08	253,95	284,34
Duisburg	94,21	107,85	111,99	219,12	235,11	242,81
Düren	124,77	292,99	497,20	584,77	598,26	810,33
Düsseldorf	115,97	145,44	149,11	264,93	297,18	308,40
Ennepe-Ruhr-Kreis	59,64	100,45	125,13	197,03	225,51	281,22
Essen	102,27	129,39	131,75	243,04	270,26	279,51
Euskirchen	85,07	254,73	449,27	477,28	535,57	818,49
Gelsenkirchen	44,95	55,13	58,33	103,28	117,80	121,54
Gütersloh	156,99	200,38	359,53	575,73	623,08	751,64
Hagen	37,24	47,37	50,31	103,93	115,98	126,83
Hamm	43,56	57,57	118,63	173,95	132,24	212,02
Heinsberg	112,35	185,64	355,20	383,28	421,45	573,54
Herford	73,91	121,60	230,09	292,55	311,60	385,79
Herne	22,56	27,65	29,97	55,68	62,59	65,78
Hochsauerlandkreis	125,34	262,29	366,00	748,81	817,95	1.025,34
Höxter	140,77	278,67	615,23	766,83	786,70	1.092,58
Kleve	207,08	221,93	418,20	617,91	641,88	791,61
Köln	205,50	272,62	309,03	515,56	584,48	616,41
Krefeld	63,64	80,63	83,74	147,85	162,35	164,63
Leverkusen	28,05	43,60	44,36	72,98	87,98	92,26
Lippe	149,49	316,89	622,88	763,85	804,81	1.100,27
Märkischer Kreis	101,04	180,99	227,75	436,20	488,65	640,12
Mettmann	85,91	154,64	192,85	279,30	323,35	378,23
Minden-Lübbecke	171,41	242,87	515,45	731,67	778,38	928,75
Mönchengladbach	65,33	90,86	110,91	165,07	183,05	197,47
Mülheim a.d. Ruhr	25,42	37,23	39,92	68,28	79,58	86,06
Münster	63,79	81,37	162,09	246,28	280,09	340,25
Oberbergischer Kreis	80,36	160,19	199,42	262,52	357,44	462,65
Oberhausen	30,72	37,15	37,42	73,59	81,53	82,34
Olpe	40,83	102,64	120,22	256,47	327,50	375,72
Paderborn	172,08	230,57	476,21	754,22	729,03	982,59
Recklinghausen	121,87	136,17	213,38	424,96	444,26	495,13
Remscheid	16,46	20,67	21,11	46,05	49,93	55,61
Rhein-Erft-Kreis	125,33	277,11	422,16	468,82	525,00	690,90
Rheinisch-Bergischer	43,76	81,58	90,01	156,11	200,13	257,32
Rhein-Kreis Neuss	124,45	267,38	320,40	391,96	461,22	507,44
Rhein-Sieg-Kreis	123,20	270,27	347,19	469,89	558,39	708,75
Siegen-Wittgenstein	56,28	151,00	166,80	329,29	441,49	508,74
Soest	201,38	216,13	763,85	989,29	963,15	1.352,66
Solingen	27,07	35,55	36,74	68,26	76,44	83,20
Städteregion Aachen	122,14	195,35	246,33	370,43	433,93	466,28
Steinfurt	289,45	308,87	548,28	1.147,29	1.175,56	1.391,50
Unna	93,35	143,05	294,42	401,58	395,96	525,41
Viersen	101,78	130,38	190,47	277,05	300,56	339,15
Warendorf	198,15	211,36	611,16	1.061,09	1.081,92	1.325,72
Wesel	133,80	153,74	282,42	460,80	484,12	588,97
Wuppertal	71,88	87,93	91,02	173,63	190,46	210,97
Summe	5.653,88*	8.312,07*	13.295,36*	20.912,84*	22.483,49*	27.395,10*

NRW-weit werden bereits heute 4,95 TWh/a Strom und 15,01 TWh/a Wärme aus Biomasse in NRW-Biomassekonversionsanlagen produziert – davon aus NRW-eigener Biomasse: 4,7 TWh/a Strom und 10,9 TWh/a Wärme. Eine Gegenüberstellung mit dem Bestand ist auf Kreisebene nicht sinnvoll, da die Berechnungen im Abfallbereich teilweise auf den Anlagen beruhen und nicht auf anfallenden Mengen. Darüber hinaus gilt insb. für den Wärmebereich, dass nicht bekannt ist, in welchem Umfang die produzierte Energie genutzt wird.

* Die Effizienzpotenziale privater Einzelfeuerstätten wurden nicht regionalisiert ausgewiesen und sind darum in dieser Tabelle nicht enthalten. Das gleiche gilt für die tierischen Nebenprodukte. Diese beiden Sparten gehen nur bei Betrachtung der Potenziale auf NRW-Ebene ein.

Landesamt für Natur, Umwelt
und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen
Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de

