THÜNEN

Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft

Bernhard Osterburg, Sebastian Rüter, Annette Freibauer, Thomas de Witte, Peter Elsasser, Stephanie Kätsch, Bettina Leischner, Hans Marten Paulsen, Joachim Rock, Norbert Röder, Jürn Sanders, Jörg Schweinle, Johanna Steuk, Heinz Stichnothe, Wolfgang Stümer, Johannes Welling, Anne Wolff

Thünen Report 11

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.ti.bund.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.ti.bund.de

Zitationsvorschlag – *Suggested source citation:*
Osterburg B, Rüter S, Freibauer A, Witte T de, Elsasser P, Kätsch S, Leischner B, Paulsen HM, Rock J, Röder N, Sanders J, Schweinle J, Steuk J, Stichnothe H, Stümer W, Welling J, Wolff A (2013) Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 158 p, Thünen Rep 11

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.

THÜNEN

Thünen Report 11

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-report@ti.bund.de
www.ti.bund.de

ISSN 2196-2324
ISBN 978-3-86576-097-5
DOI:10.3220/REP_11_2013
urn:nbn:de:gbv:253-201312-dn052858-2

THÜNEN

Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft

Bernhard Osterburg, Sebastian Rüter, Annette Freibauer, Thomas de Witte, Peter Elsasser, Stephanie Kätsch, Bettina Leischner, Hans Marten Paulsen, Joachim Rock, Norbert Röder, Jürn Sanders, Jörg Schweinle, Johanna Steuk, Heinz Stichnothe, Wolfgang Stümer, Johannes Welling, Anne Wolff

Thünen Report 11

Dipl.-Ing. agr. Bernhard Osterburg
Stephanie Kätsch M.Sc.
Dr. Norbert Röder
Anne Wolff M.Sc.
Thünen-Institut für Ländliche Räume
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Fon: +49 531 596-5211
Fax: +49 531 596-5599
E-Mail: bernhard.osterburg@ti.bund.de

Dipl.-Ing. silv. Univ. Sebastian Rüter
Dr. Johannes Welling
Thünen-Institut für Holzforschung
Leuschnerstrasse 91 c
21031 Hamburg
Fon: +49 40 73962-61
Fax: +49 40 73962-69
E-Mail: sebastian.rueter@ti.bund.de

Dr. Annette Freibauer
Thünen-Institut für Agrarklimaschutz
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Fon: +49 531 596-263
Fax: +49 531 596-269
E-Mail: annette.freibauer@ti.bund.de

Dr. Thomas de Witte
Dr. Jürn Sanders
Thünen-Institut für Betriebswirtschaft
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Fon: +49 531 596-512
Fax: +49 531 596-519
E-Mail: thomas.dewitte@ti.bund.de

Dr. Peter Elsasser
Dr. Bettina Leischner
Dr. Jörg Schweinle
Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie
Leuschnerstraße 91
21031 Hamburg
Fon: +49 40 73962-309
E-Mail: peter.elsasser@ti.bund.de

Dr. Hans Marten Paulsen
Thünen-Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau
Fon: +49 4539 8880-316
Fax: +49 4539 8880-140
E-Mail: hans.paulsen@ti.bund.de

Dr. Joachim Rock
Dr. Wolfgang Stümer
Thünen-Institut für Waldökosysteme
Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde
Fon: +49 3334 3820-351
Fax: +49 3334 3820-354
E-Mail: joachim.rock@ti.bund.de

Dipl.-Ing. (FH) Johanna Steuk
Thünen-Institut für Waldökosysteme
Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde
Fon: +49 3334 3820-348
Fax: ++49 3334 3820-354
E-Mail: johanna.steuk@ti.bund.de

Dr. Heinz Stichnothe
Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Fon: +49 531 596-4163
Fax: +49 531 596-4199
E-Mail: heinz.stichnothe@ti.bund.de

Thünen Report 11

Braunschweig im November 2013

Zusammenfassung

Gegenstand des Berichts ist die Rolle der UNFCCC-Quellgruppen „Landwirtschaft“ sowie „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ (land use, land use change and forestry, LULUCF) bei der künftigen Reduzierung von THG-Emissionen in Deutschland. In Kapitel 2 werden Stand und Entwicklung der THG-Emissionen dieser Quellgruppen anhand der Daten aus der nationalen Emissionsberichterstattung dargestellt. Die Weiterentwicklung der klimaschutzpolitischen Rahmenbedingungen wird in Kapitel 3 nachgezeichnet, wobei die für Landwirtschaft und LULUCF relevanten Aspekte näher beleuchtet werden. Aufbauend auf einen Überblick über klimaschutzpolitische Aktivitäten von Bund und Ländern in der Land-, Forst- und Holzwirtschaft (Kapitel 4) werden in Kapitel 5 konkrete Maßnahmenoptionen beschrieben und bewertet. Der Bericht schließt mit Empfehlungen zur Umsetzung. Da für den Forst- und Holzbereich bereits ausgearbeitete Strategien vorliegen, besteht Handlungsbedarf besonders bezüglich der Frage, wie die Landwirtschaft künftig in nationale Klimaschutzziele eingebunden werden soll.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung i

1 Einleitung 1

2 Darstellung der Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung 3

2.1 Kurzdarstellung 4

2.2 Emissionen aus der Quellgruppe 4 Landwirtschaft 5

2.3 Emissionen aus der Quellgruppe 5 Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft 8
2.3.1 Landwirtschaftliche Flächennutzug 8
2.3.2 Forstwirtschaft (Waldspeicher) 11
2.3.3 Holzprodukte 13

2.4 Exkurs: Emissionen entlang der Wertschöpfungsketten und Wirkungen der Bioenergienutzung 16
2.4.1 THG-Emissionen des Agrar- und Ernährungssektors 16
2.4.2 Beitrag erneuerbarer Energien auf Biomassebasis zur Vermeidung von THG-Emissionen 20

3 Ausgewählte klimaschutzpolitische Rahmenregelungen 25

3.1 Klimaschutzpolitische Beschlüsse mit Relevanz für die Quellgruppe 4 Landwirtschaft 25
3.1.1 Low-Carbon Strategies (Entscheidung 1/CP.16) 25
3.1.2 Rolle der Landwirtschaft in den Verhandlungen zur Fortschreibung der Klimarahmenkonvention 25
3.1.3 Das Klima- und Energiepaket der EU, die Lastenteilungsentscheidung 26
3.1.4 Anforderungen an Biokraftstoffe 28
3.1.5 Verordnung (EU) Nr. 525/2013 zur THG-Berichterstattung 29

3.2 Einbeziehung der Quellgruppe LULUCF in Klimaschutzstrategien 30
3.2.1 LULUCF Anrechnungsregeln für KP2 (Entscheidung 2/CMP.7) 30
3.2.2 Beschluss 529/2013/EU über Anrechnungsvorschriften und Aktivitäten im Sektor LULUCF 33

3.3 Integration von Klimaschutzzielen in die Gemeinsame Agrarpolitik der EU 34

3.4 Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO_2-armen Wirtschaft bis 2050 42

4 Überblick über Aktivitäten von Bund und Ländern 45

4.1 Programme und Maßnahmen zum Klimaschutz auf Bundesebene 45

4.1.1 Klimaschutzberichte und relevante Programme 45
4.1.2 Fazit zu Programmen und Maßnahmen auf Bundesebene 50

4.2 Programme und Maßnahmen zum Klimaschutz auf Länderebene 51
4.2.1 Energie- und Klimaschutzstrategien der Länder 52
4.2.2 Überblick über Klimaschutzmaßnahmen der Länder 63
4.2.3 Fazit zu Programmen und Maßnahmen auf Länderebene 63

5 Identifizierung und Bewertung von Handlungsoptionen 65

5.1 Kriterien für Auswahl und Bewertung 65

5.2 Maßnahmenüberblick 67

5.3 Handlungsoptionen im Bereich der Landwirtschaft 69
5.3.1 Optionen für die landwirtschaftliche Produktion 69
5.3.1.1 Verbesserung der N-Produktivität der Düngung und Reduzierung von N-Überschüssen 69
5.3.1.2 Teilflächenspezifische Düngung (Präzisionslandbau) 71
5.3.1.3 CULTAN-Düngung 72
5.3.1.4 Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren 73
5.3.1.5 Stickstoffoptimierte Fütterung 76
5.3.1.6 Optimierung der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern 77
5.3.1.7 Erhöhung der Tierleistung, insbesondere bei Milchkühen 79
5.3.1.8 Einsatz von Futterzusatzstoffen und züchterische Maßnahmen zur Verminderung von CH_4-Emissionen 80
5.3.1.9 Umbau des Rinderbestandes mittels Sperma-Sexing 81
5.3.1.10 Effizienter Energieeinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben 82
5.3.1.11 Erhöhung des Anteils des Ökologischen Landbaus 83
5.3.1.12 Einbringung von Pflanzenkohle in landwirtschaftlich bewirtschaftete Böden 86
5.3.1.13 Weitere potenzielle Klimaschutzmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion 89
5.3.2 Energetische Nutzung von landwirtschaftlich erzeugter Biomasse 91
5.3.2.1 Optimierung der Klimaschutzwirkungen der Strom- und Wärmeerzeugung aus Biogas 91
5.3.2.2 Anbau von Kurzumtriebsplantagen zur energetischen Nutzung 96
5.3.2.3 Einsatz von Biokraftstoffen 98
5.3.3 Optionen im Bereich der landwirtschaftlichen Flächennutzung und des Torfabbaus 98
5.3.3.1 Erhaltung von Dauergrünland 98
5.3.3.2 Umbruchlose Grünlanderneuerung 100
5.3.3.3 Umwandlung von Acker- zu Dauergrünland 101

5.3.3.4 Dauerhafte Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren 102
5.3.3.5 Extensivierung der Nutzung von Mooren 104
5.3.3.6 Keine Neudrainage, Erneuerung und Vertiefung von Drainagen in Mooren 106
5.3.3.7 Nutzung von nassen Mooren 107
5.3.3.8 Reduzierung der Torfverwendung 108

5.4 Handlungsoptionen im Bereich der Forstwirtschaft 109
5.4.1 Aufforstung und Wiederaufforstung 109
5.4.2 Beschleunigte Wiederbewaldung nach Kalamitäten 111
5.4.3 Veränderung der Umtriebszeit 112
5.4.4 Veränderung der Baumartenwahl 114
5.4.5 Wiedervernässung von Moorwäldern 115

5.5 Handlungsoptionen im Bereich der Holzwirtschaft 116
5.5.1 Erhöhung der stofflichen Nutzung 116
5.5.2 Steigerung der Effizienz beim Holzrohstoff- und Energieeinsatz in der Holzindustrie 118
5.5.3 Erhöhung der stofflichen Verwendung von Altholz 120

6 Schlussbetrachtung 123

6.1 Bestehende Klimaschutzstrategien für den Agrar- und Forstsektor 123

6.2 Klimaschutzmaßnahmen im Agrarsektor 125

6.3 Klimaschutzmaßnahmen im Forst- und Holzsektor 131

6.4 Forschung zum Klimaschutz am Thünen-Institut 134

7 Literaturverzeichnis 135

Anhang 143

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Entwicklung der THG-Emissionen in den Quellgruppen 4 und 5	4
Abbildung 2.2:	Entwicklung der THG-Emissionen in den Quellgruppen Landwirtschaft	6
Abbildung 2.3:	Trends wichtiger Aktivitätsumfänge	7
Abbildung 2.4:	Entwicklung der THG-Emissionen in der Quellgruppe 5, Acker- und Grünlandnutzung	10
Abbildung 2.5:	Entwicklung der jährlichen THG-Einbindung durch Wälder (in Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$)	12
Abbildung 2.6:	Rohholzaufkommen im Wald von 1991 bis 2011 (in Mio. m^3/a)	13
Abbildung 2.7:	Entwicklung der jährlichen Netto-Emissionen aus dem Holzproduktespeicher (in Mio. t. CO_2)	15
Abbildung 2.8:	Bereitstellung von Energie aus Biomasse (einschließlich Abfall) in Deutschland von 1990 bis 2010 in TWh Endenergie	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Übersicht über die jährlichen Flächenänderungen in der Kategorie Wald	11
Tabelle 2.2:	Jährliche in den Produktspeicher eingehende Kohlenstoffmengen (in Mio. t $CO_{2)}$	14
Tabelle 2.3:	Kumulierte THG-Emissionen aus der Bereitstellung von Vorleistungen für die Landwirtschaft (2007)	17
Tabelle 2.4:	Kumulierte Treibhausgasemissionen des nachgelagerten Ernährungssektors	19
Tabelle 2.5:	Beitrag erneuerbarer Energien zur Energiebereitstellung und vermiedene THG-Emissionen in Deutschland im Jahr 2010, darunter solche aus Biomasse (einschließlich Abfall)	22
Tabelle 2.6:	Standardwerte für flächenbezogene THG-Emissionen durch direkte Landnutzungsänderungen (Fritsche und Wiegmann, 2008)	23
Tabelle 3.1:	In der „low-carbon 2050 strategy“ vorgesehene THG-Emissionssenkungen gegenüber 1990 in den einzelnen Sektoren auf EU-Ebene	42
Tabelle 4.1:	Energie- und Klimaschutzstrategien der Länder	52
Tabelle 5.1:	Übersicht über die untersuchten Klimaschutzmaßnahmen	68
Tabelle 5.2:	Auswirkungen der Änderungen der Umtriebszeit auf Vorrat, Zuwachs und Rohholzpotenzial (Mittelwerte über die Szenarienzeiträume)	113
Tabelle A1.1:	Treibhausgasemissionen in Quellgruppe 4 Landwirtschaft im Jahr 1990 bis 2010 in Deutschland	145
Tabelle A1.2:	Treibhausgasemissionen in Quellgruppe 4 Landwirtschaft im Jahr 2010 in Deutschland	145
Tabelle A1.3:	Treibhausgasemissionen in Quellgruppe 5 (LULUCF) 1990 bis 2010 in Deutschland	146
Tabelle A1.4:	Treibhausgasemissionen in Quellgruppe 5 (LULUCF) im Jahr 2010 in Deutschland	146

Abkürzungsverzeichnis

AFP	Agrarinvestitionsförderungsprogramm
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BWI	Bundeswaldinventur
CH_4	Methan
CO_2	Kohlendioxid
$CO_{2\text{-Äq.}}$	CO_2-Äquivalente (gewichtet mit CO_2 = 1, CH_4 = 21, N_2O = 310)
COP	Vertragsstaatenkonferenz
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
CULTAN	Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition
DAFA	Dachverband Agrarforschung
DBFZ	Deutsches Biomasse-Forschungszentrum
EEA	Europäische Umweltagentur
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Efm	Erntefestmeter
ELER	Europäischen Landwirtschaftsfonds zur Entwicklung des ländlichen Raums
ESD	Lastenteilungsentscheidung („effort sharing decision“), Entscheidung Nr. 406/2009/EG
EU	Europäische Union
EU ETS	EU-Emissionshandelssystems
FAO	Food and Agriculture Organisation der VN
FFH	Fauna-Flora-Habitat (Richtlinie)
GAK	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union
Gg	Gigagramm = 1.000 Tonnen (1 Kilotonne)
GIS	Geographisches Informationssystem
GLÖZ	Standard für die Erhaltung von Flächen in gutem landwirtschaftlichem und ökologischem Zustand
GUD	Gas- und Dampf-Kombikraftwerke
GV	Großvieheinheit
HTC	Hydrothemrmale Carbonsierung
HWP	Harvested Wood Products (Holzprodukte)
i.e.	id est (das heißt)
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KOM	(EU-) Kommission

KP	Kyoto-Protokoll
Kt	Kilotonne = 1.000 Tonnen
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KUP	Kurzumtriebsplantage
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	Life Cycle Assessemt
LEDS	low-emission development strategies
LF	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LÖWE	Langfristigen ökologischen Waldentwicklung
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft)
Mio	Millionen
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
N_2O	Lachgas
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
NEC	national emission ceilings
NI	Nitrifikationsinhibitoren
NIR	Nationaler Inventarbericht
NO	Stickoxide
PCB	Polychlorierten Biphenyle
PJ	Petjoule
SBSTA	Wissenschaftlich-Technischer Ausschuss des VN-Klimaregimes (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice)
SMR	Bewirtschaftungsanforderungen ("statutory management requirement")
t	Tonnen
THG	Treibhausgase
TI	Johann Heinrich von Thünen Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
TJ	Terrajoule
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen)
Vfm	Vorratsfestmeter
VN	Vereinte Nationen
VO	Verordnung
VP	Verpflichtungsperiode
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

1 Einleitung

Im vorliegenden Bericht sollen die Wirkungen der Land-, Forst- und Holzwirtschaft auf die deutschen Treibhausgasinventare dargestellt und ausgewählte klimaschutzpolitische Rahmenregelungen analysiert werden. Aufbauend auf einen Überblick über Aktivitäten von Bund und Ländern sollen Handlungsoptionen für den Klimaschutz in den genannten Sektoren identifiziert und bewertet werden. Darin eingeschlossen ist eine Betrachtung der Umsetzbarkeit und Priorisierung von Maßnahmen. Der Bericht wurde im Rahmen der drei Fokusthemen des Thünen-Instituts „Erfassung und Minderung klimarelevanter Emissionen“, „Klimaschutzstrategien für den Agrarbereich“ und „Klimaschutzstrategien für Wald und Holznutzung“ erstellt.

Klimaschutz ist eine globale Herausforderung, der eine zunehmende politische Priorität zukommt. Anders als bei lokalen oder regionalen Umweltproblemen werden Minderungen der Treibhausgas-(THG)-Emissionen jedoch unabhängig davon wirksam, in welchem Sektor und in welcher Region der Welt die Minderung erzielt wird. Dies erlaubt eine hohe Flexibilität bei der Emissionsminderung und Schwerpunktsetzungen zu Verbesserung der Kosteneffizienz. Als wichtige THG-Emittenten, die im internationalen Vergleich hohe Emissionen pro Einwohner aufweisen, sind die Industriestaaten in besonderer Weise zu Klimaschutzanstrengungen verpflichtet. Dabei können viele Synergien zu anderen gesellschaftlichen Zielen genutzt werden, etwa beim Umbau der Energieversorgungssysteme, der Entwicklung neuer Technologien und einer ressourceneffizienteren Wirtschaft.

Die EU und ihre Mitgliedstaaten sind Vertragsparteien der Klimarahmenkonvention und haben das Kyoto-Protokoll ratifiziert. Sie sind daher an die Reduktionsverpflichtungen gebunden und müssen dabei die Vorschriften des VN-Klimaregimes beachten. Mit dem 01. 01. 2013 hat eine zweite Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls zur Senkung der THG-Emissionen begonnen. Die für die Emissionsverpflichtungen geltenden Regeln sind auf internationaler Ebene verhandelt und weiterentwickelt worden. Parallel dazu hat auch die EU klimaschutzpolitische Ziele für das Jahr 2020 aufgestellt, bzw. ist dabei, ihre Ziele zu aktualisieren, und hat hierfür eine Reihe von Gesetzen auf den Weg gebracht.

Gegenstand des Berichts ist die Rolle der UNFCCC-Quellgruppen „Landwirtschaft“ sowie „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ (land use, land use change and forestry, LULUCF) bei der künftigen Reduzierung von THG-Emissionen in Deutschland. In Kapitel 2 werden Stand und Entwicklung der THG-Emissionen dieser Quellgruppen für die Bundesebene dargestellt. Die Weiterentwicklung der klimaschutzpolitischen Rahmenbedingungen wird in Kapitel 3 nachgezeichnet, wobei die für Landwirtschaft und LULUCF relevanten Aspekte näher beleuchtet werden. Aufbauend auf einen Überblick über klimaschutzpolitische Aktivitäten von Bund und Ländern in der Land-, Forst- und Holzwirtschaft (Kapitel 4) werden in Kapitel 5 konkrete Maßnahmenoptionen beschrieben und bewertet. Der Bericht schließt mit Empfehlungen zur Umsetzung.

2 Darstellung der Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung

In diesem Kapitel werden THG-Emissionen, THG-Senken und Entwicklungstrends in den Quellgruppen Landwirtschaft sowie Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft analysiert (Quellgruppen 4 und 5). Als Datengrundlage wird die deutsche Emissionsberichterstattung für das Jahr 2012 herangezogen (UBA, 2011; UBA, 2012; EEA, 2012). In der Quellgruppe 4 (Landwirtschaft) werden Methan- und Lachgasemissionen aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung und Tierhaltung berichtet, in der Quellgruppe 5 (LULUCF) werden in erster Linie die Kohlenstofffestlegung und -freisetzung auf landwirtschaftlich genutzten Böden, in Wäldern sowie durch Landnutzungsänderungen quantifiziert.

Abgrenzung der Quellgruppen

Deutschland ist als Vertragsstaat der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) dazu verpflichtet, die jährlichen Treibhausgas-Emissionen und Senken in einem Nationalen Inventarbericht (National Inventory Report, NIR) zu berichten. Die Strukturierung der THG-Emissionsberichterstattung folgt festen Vorgaben zu sogenannten Quellgruppen. Die Quellgruppen sind nicht nach volkswirtschaftlichen Sektoren oder hinsichtlich der Abgrenzung von Produktionsprozessen und Beziehungen zwischen Güterentstehung und Verwendung gruppiert. Aufgrund der unterschiedlichen Abgrenzung sind Quellgruppen der Treibhausgasinventare für sich genommen nicht für eine vollständige Beschreibung der Emissionen von Wirtschaftssektoren wie der Landwirtschaft geeignet. Die Berichterstattung erfolgt nach dem Territorialprinzip für THG-Emissionen innerhalb des deutschen Staatsgebiets.

Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger werden in Quellgruppe 1 (Energie) berichtet. Direkte energiebedingte Emissionen der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft werden dabei separat ausgewiesen, sie betrugen im Jahr 2010 ca. 6,3 Mio. t $CO_{2\text{-Äq}}$. In der Berichterstattung enthalten, aber nicht der Landwirtschaft zugeschrieben sind indirekte Emissionen aus der inländischen Herstellung landwirtschaftlicher Vorleistungen, z. B. die Herstellung von Düngemitteln oder Elektrizität. Die mit der Energieerzeugung aus Biomasse verbundenen THG-Emissionen (CH_4 und N_2O, ohne das CO_2 aus Biomasse) werden ebenfalls in Quellgruppe 1 (Energie) berichtet. Dort wird auch indirekt die CO_2-Einsparung durch den geringeren Verbrauch anderer Energieträger sichtbar, der durch den Einsatz von Biomasse-Energieträgern ausgelöst wird.

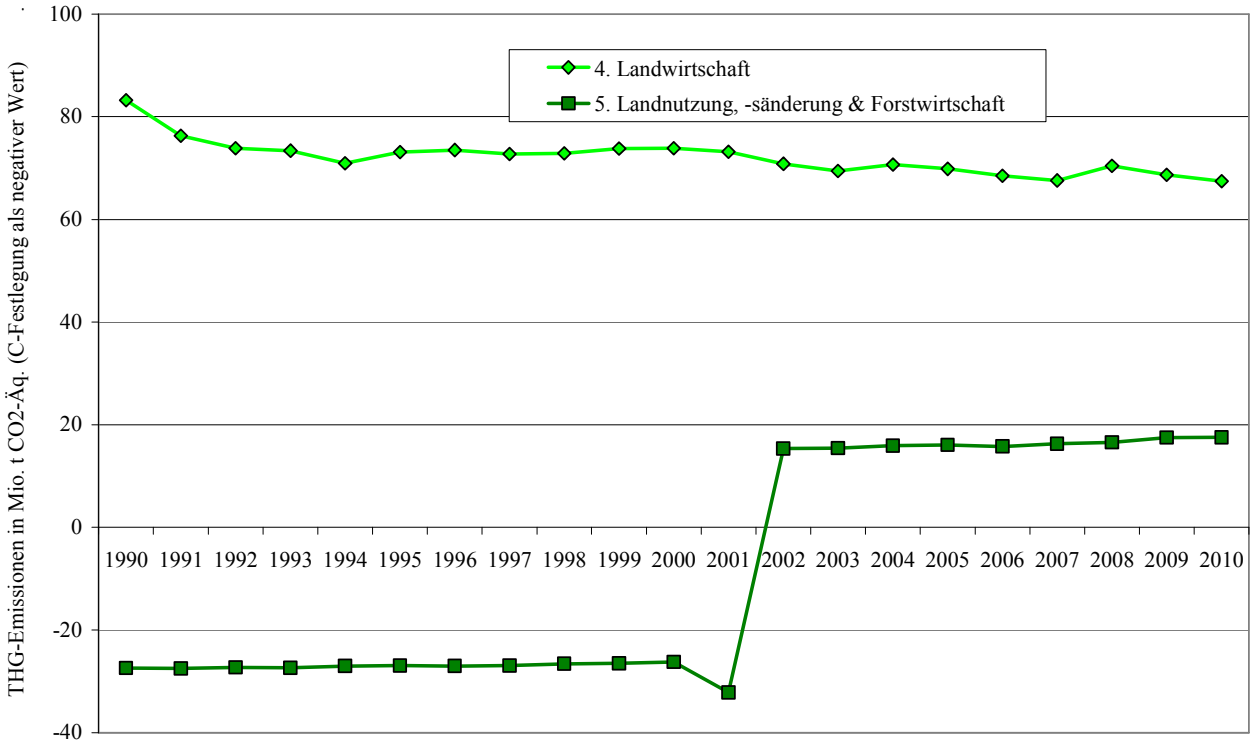
Die CO_2-Bindung durch landwirtschaftliche Kulturpflanzen wird nur für holzige Biomasse und bei Landnutzungsänderungen berücksichtigt. Aufgrund des Territorialprinzips werden Emissionen, die in anderen Staaten bei der Herstellung von in Deutschland verwendeten, importierten Vorleistungen wie Dünge- und Futtermitteln entstehen, nicht in der deutschen Emissionsberichterstattung aufgeführt. Eine Betrachtung der Emissionen entlang der Wertschöpfungskette der Agrar- und Ernährungswirtschaft erfolgt in Kapitel 2.4.

2.1 Kurzdarstellung

Die jährlichen THG-Emissionen der Quellgruppe 4 (Landwirtschaft) in Deutschland sind zwischen 1990 und 2010 von ca. 83 auf 67,5 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ zurückgegangen (siehe Abbildung 2.1). Dies entspricht einem Rückgang von knapp 19 % gegenüber 1990. Der Anteil der Quellgruppe 4 an den gesamten THG-Emissionen in Deutschland einschließlich LULUCF lag im Jahr 2010 bei 7,1 %.

In der Quellgruppe LULUCF haben bis zum Jahr 2001 aufgrund der gestiegenen C-Vorräte in den Wäldern die Kohlenstofffestlegungen die Freisetzung aus anderen Flächennutzungen überwogen. Im Mittel der Jahre 1990 bis 2001 lag die Netto-Festlegung bei 27,7 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ pro Jahr (in der Abbildung 2.1 als negativer Wert dargestellt). Danach überstieg die Kohlenstofffreisetzung die Festlegungen (siehe Kapitel 2.3.2). Im Jahr 2010 lag die jährliche THG-Emission der Quellgruppe LULUCF bei 17,5 $CO_{2\text{-äq.}}$, dies entspricht 1,8 % an den gesamten THG-Emissionen in Deutschland. In der Kategorie Wald lag die Senkenwirkung im Jahr 2010 bei 25 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ bzw. -2,6 % der gesamten THG-Emissionen in Deutschland einschließlich LULUCF. Die Emissionen aus Acker- und Grünlandnutzung betrugen zusammen 37,5 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ (3,9 % der Gesamtemissionen). Aus Feuchtgebieten und Siedlungen emittierten weitere 4,7 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ (0,5 % der Gesamtemissionen).

Abbildung 2.1: Entwicklung der THG-Emissionen in den Quellgruppen 4 und 5



Quelle: UBA (2011).

Die Summe der direkten Emissionen aus der Landwirtschaft (Quellgruppe 4) und aus Acker- und Grünland sowie der Kalkung (Quellgruppe 5) lag im Jahr 2010 bei knapp 105 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$, das entspricht einem Anteil von 11 % an den gesamten THG-Emissionen in Deutschland einschließlich LULUCF. Hinzu kommen weitere direkte Emissionen aus dem Energieverbrauch in Höhe von ca. 6,3 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$, die in der Quellgruppe 1 (Energie) berichtet werden. Nicht in den Zahlen zur Waldbewirtschaftung berücksichtigt ist die jährliche Netto-Festlegung in Holzprodukten in Höhe von ca. 25 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ (vgl. Kapitel 2.3.3). Nicht einbezogen in diese Rechnung sind die vermiedenen Emissionen aufgrund der Verwendung von Holzprodukten. Sie betragen jährlich ca. 85 Mio. t $CO_{2\text{-äq}}$, dies sind ca. 9 % der gesamten deutschen THG-Emissionen einschließlich LULUCF.

2.2 Emissionen aus der Quellgruppe 4 Landwirtschaft

In der Quellgruppe 4 (Landwirtschaft) sind die folgenden Teil-Quellgruppen relevant:

A. Fermentation: verdauungsbedingte CH_4-Emissionen,

B. Düngerwirtschaft: CH_4- und N_2O-Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung,

D. Landwirtschaftliche Böden: N_2O-Emissionen aus der Düngung, aus der Umsetzung von Ernterückständen, aus gasförmigen N-Verlusten sowie N-Austrägen ins Grund- und Oberflächenwasser. Hinzu kommen N_2O-Emissionen aus der Mineralisierung von Moorböden.

Für die Teil-Quellgruppen C. Reisanbau, E. Brandrodung, F. Verbrennen von Ernterückständen auf der Fläche sowie G. Andere werden in Deutschland keine Emissionen berichtet. In Abbildung 2.2 wird die Höhe der Emissionen in der Quellgruppe 4 zwischen 1990 und 2010 dargestellt, differenziert nach CH_4 und N_2O-Emissionen. Die einzelnen Emissionswerte sind in einer Datentabelle im Anhang dargestellt. Wie in der Textbox am Anfang des Kapitels 2 erläutert, werden in Quellgruppe 4 nur direkte Emissionen berichtet. Durch die Produktion und den Transport von Vorleistungen wie z. B. Importfuttermitteln verursachte Emissionen, die in anderen Sektoren oder im Ausland entstehen, sind in dieser Betrachtung nationaler Quellgruppen nicht enthalten (vgl. dazu Kapitel 2.4).

Im Jahr 2010 stammten 29,9 % der Emissionen im Sektor Landwirtschaft als CH_4 aus der Verdauung (20,3 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$), 8,2 % als CH_4 sowie 3,3 % als N_2O aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (zusammen 7,8 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$) und 58,5 % als N_2O aus dem N-Eintrag in Böden (39,4 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$). Bei den CH_4-Emissionen aus der Verdauung dominiert die Rinderhaltung mit einem Anteil von 95 %, ebenso im Wirtschaftsdüngermanagement mit 74 % der THG-Emissionen.

Die N_2O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden stammen zu 40 % aus der Düngung (inkl. Weidehaltung und legumer N-Bindung, zusammen 15,8 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$), zu 14 % aus der Umsetzung von Ernterückständen (5,5 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$), und zu 34 % aus indirekten Emissionen aufgrund

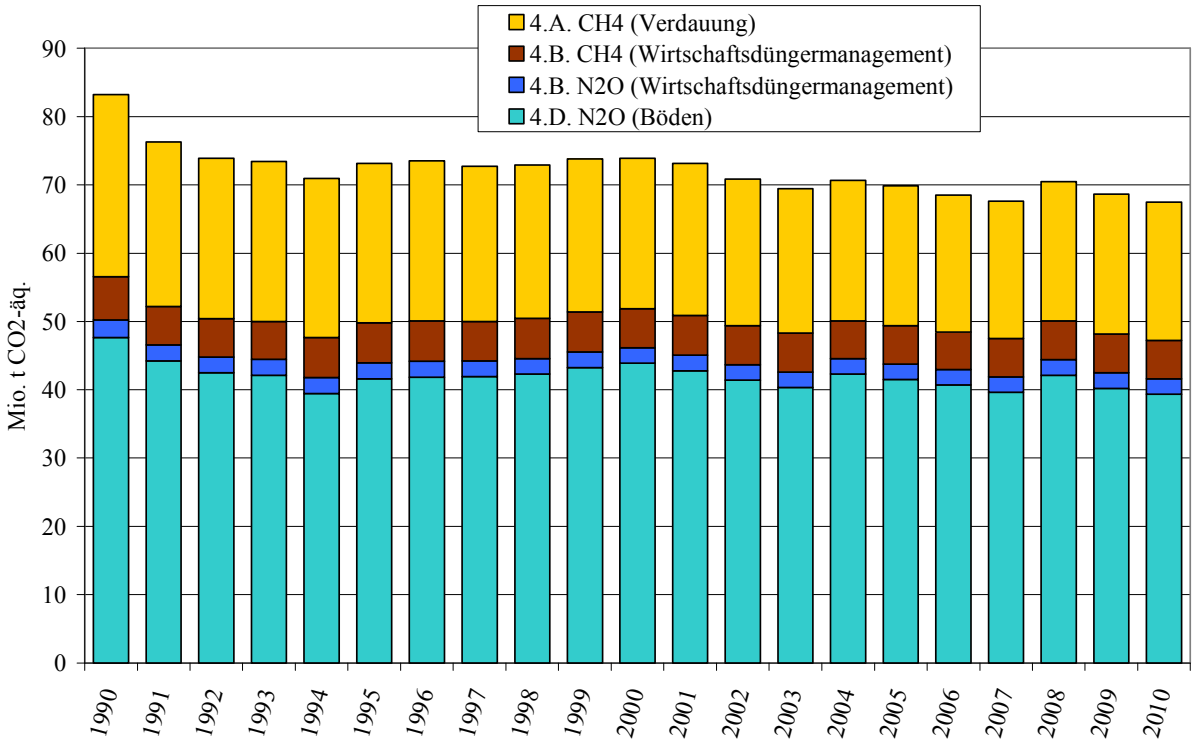
von N-Verlusten in Luft und Wasser. N_2O-Emissionen aus der Mineralisierung von Moorböden betragen weitere 12 % bzw. 4,8 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$.

Zwischen 1990 und 2010 haben sich die THG-Emissionen von CH_4 und N_2O in der Quellgruppe Landwirtschaft um 15,8 Mio. t CO_2-Äquivalente reduziert (-19 %). Die Emissionsminderung setzt sich wie folgt zusammen:

- 6,4 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ (-24 %) als CH_4 aus der Verdauung,
- 1,1 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ (-12 %) als CH_4 und N_2O aus dem Wirtschaftsdüngermanagement,
- 8,3 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ (-17,4 %) als N_2O durch N-Eintrag in Böden.

Der Effekt der Nutzung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen ist in diesen Zahlen mangels statistischer Daten zur Zusammensetzung von Biogas-Gärsubstraten und zum Management der Gärreste noch nicht berücksichtigt.

Abbildung 2.2: Entwicklung der THG-Emissionen in den Quellgruppen Landwirtschaft



Quelle: UBA (2011).

Die Emissionsrückgänge können in erster Linie auf den Rückgang der Tierbestände und der N-Mineraldüngung zurückgeführt werden (vgl. Abbildung 2.3). Der Rückgang der THG-Emissionen fiel zwischen 1990 und 1992 infolge des infolge des Strukturbruchs in den östlichen Bundesländern nach 1990 besonders hoch aus, die jährlichen Rückgänge erreichten zwischen 1990 und

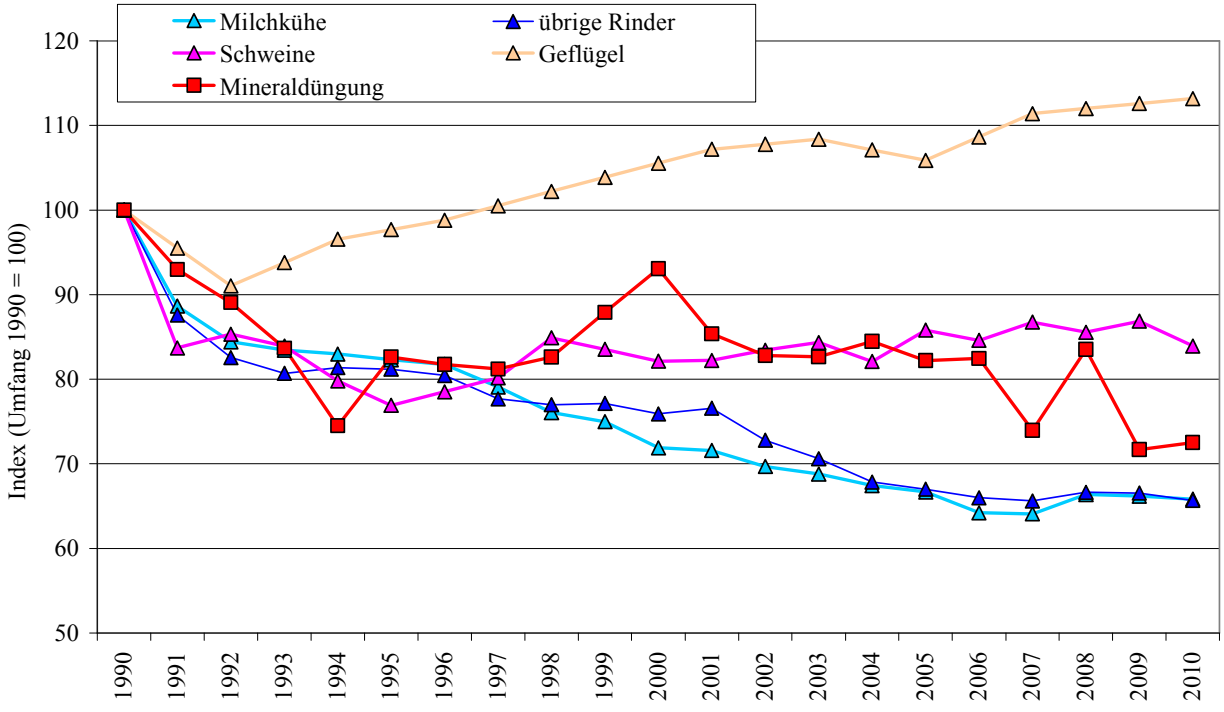
1992 -3,2 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$. Nach 1992 bis 2010 lagen die Rückgänge pro Jahr dagegen nur noch bei durchschnittlich 0,36 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$.

Auch nach dem starken Abbau der Tierbestände Anfang der 90er-Jahre sind die Rinderbestände aufgrund steigender Milchleistung pro Kuh und der Mengenbegrenzung der Milchproduktionsmenge durch die Quotenregelung kontinuierlich weiter zurückgegangen. Der Rinderbestand lag im Jahr 2010 bei etwa 66 % des Niveaus von 1990. Der Schweinebestand nimmt seit Mitte der 90er-Jahre wieder zu und lag 2010 bei 84 % des Bestands von 1990, und der Geflügelbestand hat sich gegenüber 1990 um 13 % erhöht. Die N-Mineraldüngung zeigte in den 90er-Jahren eine deutlich abnehmende Tendenz, unterliegt aber aufgrund sich verändernder Marktbedingungen stärkeren Schwankungen.

Zwischen den Jahren 2005 und 2010 haben die THG-Emissionen in der Quellgruppe 4 um 2,4 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ abgenommen (-3,4 %). Die jährliche Abnahme liegt mit 0,47 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ in diesem Zeitraum über der durchschnittlichen Abnahme zwischen 1992 und 2010, was vor allem auf die veränderte N-Düngung zurückzuführen ist. Die THG-Minderungen entfielen wie folgt auf die verschiedenen Teil-Quellgruppen:

- 0,2 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ (-1 %) als CH_4 aus der Verdauung,
- 0,03 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ (-0,4 %) als CH_4 und N_2O aus Wirtschaftsdüngermanagement,
- 2,2 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ (-5 %) als N_2O durch N-Eintrag in Böden.

Abbildung 2.3: Trends wichtiger Aktivitätsumfänge



Quelle: Haenel et al. (2012).

2.3 Emissionen aus der Quellgruppe 5 Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

In der Quellgruppe 5 (LULUCF) werden in erster Linie Emissionen berichtet, die aus dem Auf- und Abbau von Kohlenstoffspeichern im Bereich der Landnutzungen entstehen. Die Veränderung dieser Kohlenstoffsenken erfolgt sowohl unter gleich bleibender Landnutzung, z. B. im Wald durch Änderung der Holzvorräte, als auch durch Landnutzungsänderung, beispielsweise durch Aufforstung, Entwaldung oder durch die Bewirtschaftung der Ackerflächen und des Grünlandes. Mit der Zunahme der Kohlenstoffspeicher wird Kohlenstoff eingebunden und damit CO_2 der Atmosphäre entzogen. Diese Erhöhung der Kohlenstoffspeicher wird in der Emissionsberichterstattung mit negativen Werten dargestellt. Quellen von THG-Emissionen ergeben sich durch eine Abnahme der Kohlenstoffspeicher und werden mit positiven Werten beschrieben.

Die Quellgruppe wird wie folgt in Landnutzungskategorien untergliedert: A. Wälder, B. Ackerland, C. Grünland, D. Feuchtgebiete, E. Siedlungen, F. Sonstiges Land und G. Andere. Unter die Kategorie F. fallen nur Flächen ohne Bewirtschaftung, auf denen keine zu berichtenden Emissionen auftreten. Weiterhin werden CO_2-Emissionen aus der Kalkung von Wäldern ausgewiesen. Die CO_2-Emissionen und Senken aufgrund von Landnutzungsänderungen werden in der Emissionsberichterstattung in Änderungsraten über 20 Jahre berechnet, um den langfristigen Auf- und Abbau von Kohlenstoffsenken abzubilden.

2.3.1 Landwirtschaftliche Flächennutzug

B. Ackerland

Die Emissionen aus der Landnutzungskategorie B. Ackerland betrugen im Jahr 2010 insgesamt 28,5 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$, wobei mit 25,1 Mio. t CO_2 der größte Teil aus ackerbaulich genutzten Mooren stammt. 23,4 Mio. t CO_2 emittierten im Jahr 2010 aus der fortlaufenden Ackernutzung auf Moorböden. 1,7 Mio. t CO_2 wurden nach Umwandlung von anderen Flächennutzungen auf Moorböden in Ackerland freigesetzt. Von der Umwandlung betroffen ist vor allem Grünland.

Durch die laufende Ackernutzung auf Mineralböden entstehen der Emissionsberichterstattung zufolge keine Emissionen. Durch Landnutzungsänderungen wurden im Jahr 2010 1,4 Mio. t CO_2 aus Mineralböden nach Umwandlung anderer Flächennutzungen in Ackerland freigesetzt, fast ausnahmslos nach Umwandlung von Grünland in Ackerland auf Mineralböden. Durch den Abbau von lebender Biomasse entstanden weitere Emissionen in Höhe von 0,14 Mio. t CO_2, durch die Zersetzung von Totholz und Streu nach Umwandlung von Wald in Ackerland 0,008 Mio. t CO_2. Aufgrund der Kalkung landwirtschaftlicher Flächen wurden 1,6 Mio. t CO_2 freigesetzt. Hinzu kommt die N_2O-Freisetzung durch Humusverluste aus Mineralböden nach Landnutzungsänderung zu Acker, die im Jahr 2010 bei 0,19 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ lag.

Die Emissionen aus dem Ackerland haben sich im Jahr 2010 gegenüber dem Jahr 1990 um -0,49 Mio. t CO_2 oder 2 % verringert. Dabei stand den zunehmenden Emissionen aus der ackerbaulichen Nutzung von Moorböden und aus der Kalkung ein Rückgang der Emissionen aus dem Biomasseabbau nach Umwandlung von Wald bzw. Gehölzen in Ackerflächen und aus Grünlandumwandlung auf Mineralböden gegenüber.

C. Grünland

Aus der Landnutzungskategorie C. Grünland wurden im Jahr 2010 Emissionen in Höhe von 9 Mio. t CO_2 freigesetzt. Emissionen aus der Grünlandnutzung auf Moorböden lagen bei 11,2 Mio. t CO_2, und Verluste durch Zersetzung toter Biomasse nach Umwandlung von Wald in Grünland betrugen 0,044 Mio. t CO_2. Diesen Emissionen stand 2010 die Erhöhung von Kohlenstoffspeichern in Höhe von 2,2 Mio. t CO_2 gegenüber. Diese entsteht vor allem durch Gehölzaufwuchs auf brachgefallenem Ackerland und auf Grünlandflächen.

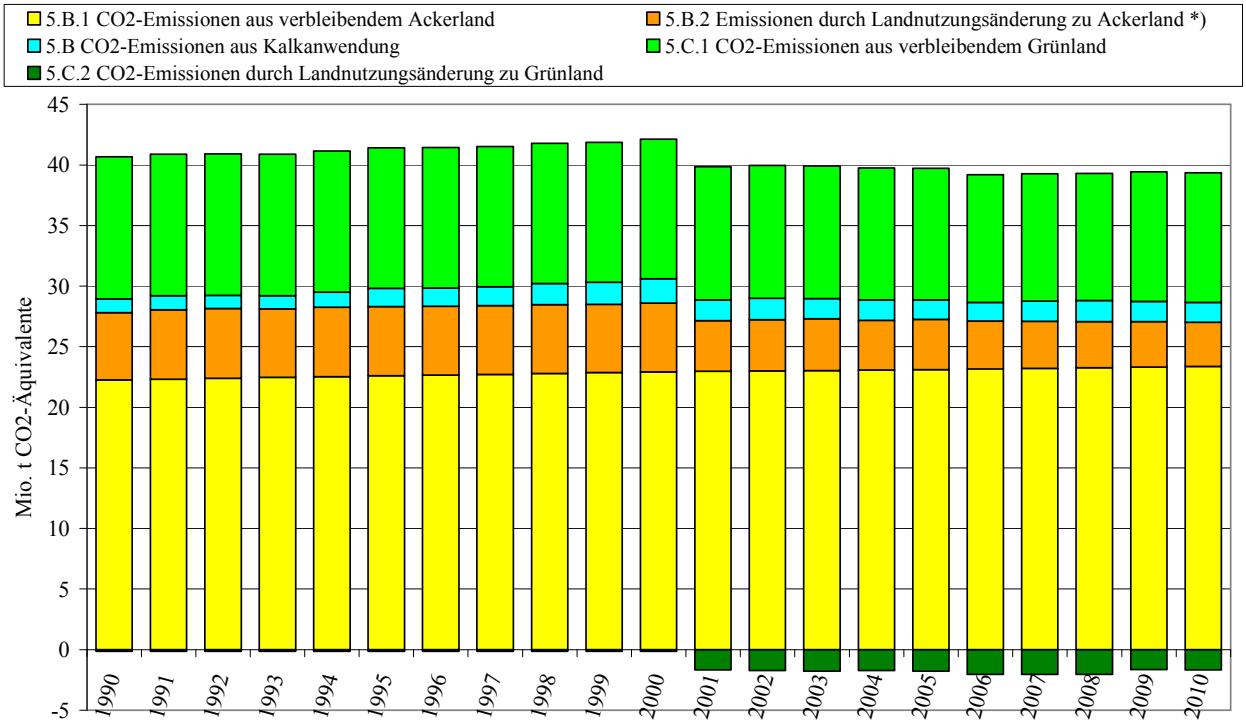
Die Emissionshöhe in der Kategorie Grünland ist im Zeitraum zwischen 1990 und 2010 um -2,5 Mio. t CO_2 bzw. 22 % zurückgegangen. Dies ist in erster Linie auf eine verstärkte Akkumulation lebender und toter Biomasse durch Gehölzaufwuchs auf Grünlandflächen sowie auf einen Rückgang der Umwandlung von Wald bzw. Gehölz in Grünland im engeren Sinne[1] zurückzuführen.

In Abbildung 2.4 werden die Emissionen aus Acker- und Grünlandnutzung abgebildet, unterteilt in „verbleibende“ Nutzung (d. h. die laufende Acker- und Grünlandnutzung ohne Nutzungsänderung) und in Emissionen durch Landnutzungsänderung.

Die landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden als Acker- und Grünland verursachte im Jahr 2010 Emissionen in Höhe von 41 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$, dies entspricht 4,3 % der gesamten deutschen THG-Emissionen einschließlich der Quellgruppe LULUCF. N_2O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten, organischen Böden aufgrund der Zersetzung von Torf in Höhe von 4,8 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$, die in der Quellgruppe 4 berichtet werden, sind in dieser Summe enthalten. Acker- und Grünlandnutzung von Moorböden stellt somit eine besonders bedeutende Emissionsquelle dar.

[1] Die Umwandlung von Wald und Gehölz zu Acker bzw. Grünland im engen Sinne betrifft seit 2000 jährlich unter 100 ha. Etwas höhere Umwandlungsflächen zwischen 1990 und 2000 könnten auf Unsicherheiten in der Datengrundlage für 1990 zurückzuführen sein. Dies wird derzeit vom Thünen-Institut im Rahmen der Validierung der Landnutzungsmatrix geprüft.

Abbildung 2.4: Entwicklung der THG-Emissionen in der Quellgruppe 5, Acker- und Grünlandnutzung



*) Emission unter 5.B.2 einschließlich N_2O nach Landnutzungsänderung auf Mineralboden zu Ackerland. Quelle: EEA (2012).

Ergänzende Angaben zu D. Feuchtgebiete und E. Siedlungen

Nachrichtlich werden hier noch die Ergebnisse für die Kategorien D. und E. aufgeführt, da sie durch die Torfverwendung im Gartenbau und durch die Umwandlung von landwirtschaftlicher Fläche in Siedlungs- und Verkehrsfläche mit dem Agrarsektor zusammenhängen. Die Emissionen aus der Kategorie D. Feuchtgebiete lagen im Jahr 2010 bei 2,2 Mio. t CO_2, davon stammten 2 Mio. t CO_2 aus dem industriellen Torfabbau. Gegenüber dem Jahr 1990 sind die Emissionen dieser Kategorie bis zum Jahr 2010 um 4 % zurückgegangen.

In der Kategorie E. Siedlungen emittierten im Jahr 2010 2,6 Mio. t CO_2, darunter 2,5 Mio. t CO_2 aus organischen und 0,58 Mio. t CO_2 aus mineralischen Böden sowie 0,032 Mio. t CO_2 aus dem Abbau toter Biomasse. Dem stand eine Einbindung von 0,57 Mio. t CO_2 in lebende Biomasse von Gehölzen gegenüber. Nur etwa 0,54 Mio. t CO_2 emittierten im Jahr 2010 aufgrund von Landnutzungsänderungen, vor allem aus der Umwandlung von Grünland. Bei der Umwandlung von Ackerland in Siedlungsfläche wird der Emissionsberichterstattung zufolge dagegen Kohlenstoff durch die Anlage von Gehölzen festgelegt. Zwischen 1990 und 2010 sind die Emissionen der Kategorie Siedlungen um 7 % zurückgegangen.

2.3.2 Forstwirtschaft (Waldspeicher)

Die mit dem Forstsektor verbundenen THG-Emissionen werden methodisch über eine Veränderung der Kohlenstoffspeicher und über Änderungen der Waldfläche erfasst und im Rahmen der nationalen Treibhausgasberichterstattung berichtet. Die Entwicklung der Gesamtwaldfläche, sowie die jährlichen Flächenänderungen zu und von Wald in Bezug zu anderen Landnutzungskategorien sind in Tabelle 2.1 abgebildet.

Tabelle 2.1: Übersicht über die jährlichen Flächenänderungen in der Kategorie Wald

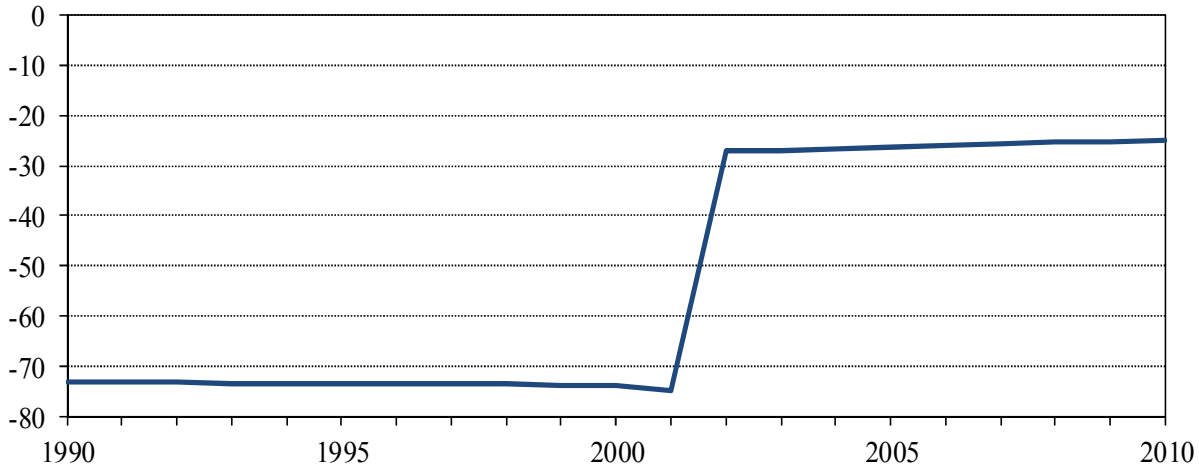
	Wald Gesamt	Wald bleibt Wald	Landnutzungsänderung- zu Wald (Neuwald)	Landnutzungs- änderung von Wald (Waldverlust)
Jahr	**[ha]**	**[ha]**	**[ha]**	**[ha]**
1990	10.766.646	10.738.559	28.086	15.142
1991	10.779.590	10.751.504	28.086	15.142
1992	10.792.535	10.764.448	28.086	15.142
1993	10.805.479	10.777.393	28.086	15.142
1994	10.818.424	10.790.338	28.086	15.142
1995	10.831.368	10.803.282	28.086	15.142
1996	10.844.313	10.816.227	28.086	15.142
1997	10.857.257	10.829.171	28.086	15.142
1998	10.870.202	10.842.116	28.086	15.142
1999	10.883.146	10.855.060	28.086	15.142
2000	10.896.091	10.868.005	28.086	15.142
2001	10.902.166	10.892.487	9.679	3.604
2002	10.908.241	10.898.562	9.679	3.604
2003	10.914.316	10.904.637	9.679	3.604
2004	10.920.391	10.910.712	9.679	3.604
2005	10.926.466	10.916.787	9.679	3.604
2006	10.928.856	10.923.084	5.771	3.382
2007	10.931.245	10.925.473	5.771	3.382
2008	10.933.634	10.927.862	5.771	3.382
2009	10.933.737	10.932.595	1.142	1.039
2010	10.933.840	10.932.698	1.142	1.039

Auf Basis der in Tabelle 2.1 dargestellten Flächendaten berechnen sich Emissionen und die Einbindung von CO_2 aus den Kohlenstoffreservoirs mineralischer und organischer Böden, der ober- und unterirdischen Biomasse, Streu und Totholz. Dabei ist zu berücksichtigen, dass entsprechend den Vorgaben zur Berichterstattung Flächen 20 Jahre lang in der Kategorie „Landnutzungsänderung“ verbleiben. Die für ein jeweiliges Berichtsjahr verwendeten Flächendaten beinhalten Neuwald- und Waldverlustflächen der letzten 20 Jahre. Detaillierte Informationen hierzu finden sich in UBA (2013) (Kapitel 7.1.3). Aber auch Emissionen aus Waldbrand (Kohlendioxid, Methan und Lachgas) und der Kalkung von Wäldern werden berichtet. Zudem werden die Lachgasemissionen aus der Drainage organischer Böden und durch Humusverluste aus Mineralböden nach Landnutzungsänderung zu Acker ermittelt.

Primäre Datengrundlage für die Berechnung der Emission/Einbindung im Wald stellen die Bundeswaldinventuren aus den Jahren 1987 und 2002, sowie eine Inventurstudie aus dem Jahr 2008 dar. Für Streu und Böden stehen die Aufnahmen der Bodenzustandserhebung 1990 und 2006 zur Verfügung. Für die Emissionsbestimmung der Landnutzungsänderungen wurden noch eine Reihe anderer Daten verwendet, die im Nationalen Inventurbericht beschrieben sind (UBA 2012: Kapitel 7.2.2). Den größten Anteil am THG-Beitrag der Kategorie Wald haben die verbleibenden Waldflächen, welche keiner Landnutzungsänderung unterliegen. Beispielsweise wurde für das Jahr 2011 eine Einbindung von -27,8 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ erreicht. Auch die Waldflächen, welche 20 Jahre nach der Aufforstung von der Kategorie Neuwald in die Kategorie Wald übernommen werden, sind hier enthalten. Die im Zuge von Flächenänderungen (Neuwald bzw. Waldverlust) entstehenden Emissionen/Einbindungen belaufen sich für das Jahr 2011 auf -4,7 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$. Danach betrugen die Gesamtemissionen aus den Wäldern im Jahr 2011 -32,5 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$. Wichtige Speicher sind der Zuwachs der Phytomasse -21,3 Mio. t CO_2, die Anreicherung von Kohlenstoff in mineralischen Böden mit -10,0 Mio. t CO_2 und die Zunahme von Totholz mit -3,6 Mio. t CO_2.

Die Entwicklung der seit dem Beginn der THG-Berichterstattung ermittelten Emissionen und Aufnahme von CO_2 (Quelle/Senke) durch die mit dem Wald verbundenen Vorrats- und Flächenänderungen ist in Abbildung 2.5 abgebildet. Im Jahr 2002 verringert sich die Einbindung von $CO_{2\text{-Äq.}}$ um mehr als die Hälfte. Dieser sogenannte Sprung ist methodisch durch die Verwendung der Daten aus den genannten Inventuren aus den Jahren 1997, 2002 und 2008 bedingt. Hierdurch konnten für die Zeiträume zwischen den Inventurjahren durchschnittliche landesspezifische Emissionsfaktoren auf Basis der ermittelten Änderungen der Kohlenstoffvorräte für die Biomasse berechnet werden. Methodenbedingt ergibt sich mit dem Vorhandensein neuer Daten ab dem Jahr 2002 (BWI2) eine Anpassung der Kohlenstoffvorräte, die zu dem „Sprung“ in der Datenreihe führt (Abbildung 2.5).

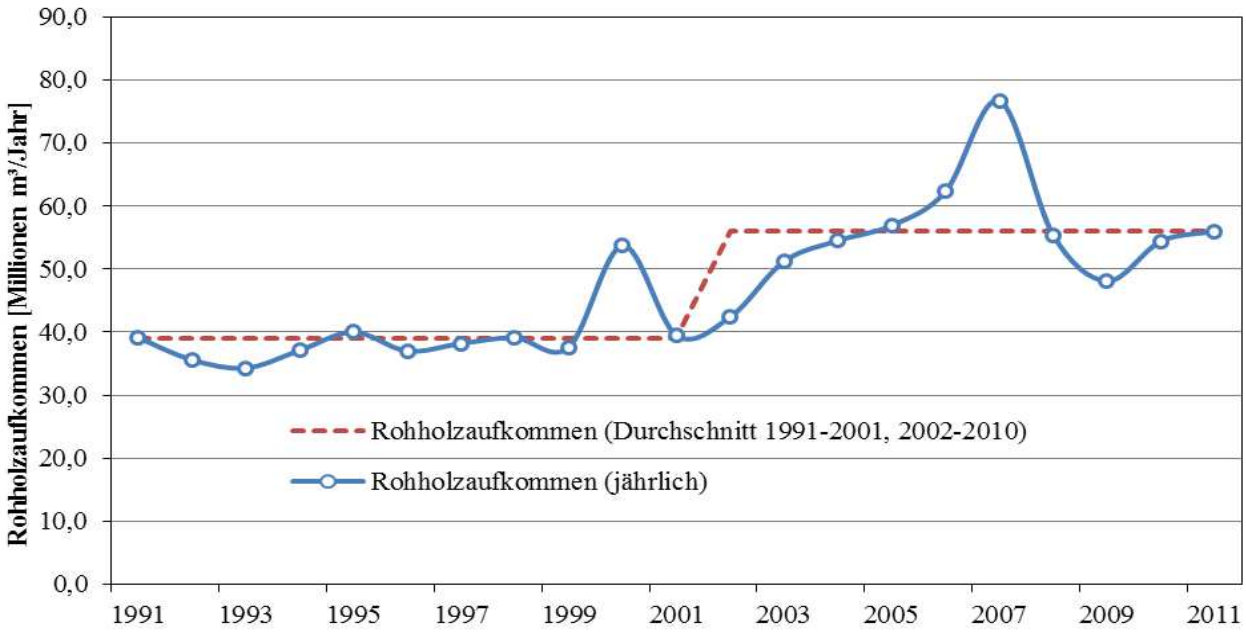
Abbildung 2.5: Entwicklung der jährlichen THG-Einbindung durch Wälder (in Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$)



Quelle: UBA (2012).

Ein Grund für die Abnahme der Kohlenstoffspeicherung ist die erhöhte Holznutzung in der Inventurperiode 2002 bis 2008. Abbildung 2.6 gibt den Zusammenhang zwischen der Holznutzung und der Biomasseveränderung wieder. Aufgrund der Stürme Lothar und Kyrill kam es in den Jahren 2000 und 2007 zu den in der Abbildung 2.6 erkennbaren Anstiegen im Rohholzaufkommen.

Abbildung 2.6: Rohholzaufkommen im Wald von 1991 bis 2011 (in Mio. m³/a)



Quelle: (NIR).

2.3.3 Holzprodukte

Anders als die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Aktivitäten wird die stoffliche Nutzung von Holz und ihr Beitrag zur jährlichen CO_2-Bilanz bisher nicht im Rahmen der jährlichen Treibhausgasberichterstattung berücksichtigt. Vielmehr wurde bislang die vereinfachende Annahme getroffen, der Abfluss von Kohlenstoff aus dem Wald (z. B. durch Holzeinschlag) ziehe, ähnlich wie bei der Verbrennung von Holz, eine sofortige Emission nach sich. Um jedoch einen vollständigen Überblick über die THG-Emissionen des Sektors zu erhalten, ist die Einbeziehung des Beitrags der stofflichen Holznutzung zur jährlichen CO_2-Bilanz notwendig (s. auch Kapitel 3.2.1). In diesem Zusammenhang muss zwischen zwei Wirkungen unterschieden werden:

- Speicherwirkung
- Substitutionswirkung

Durch die stoffliche Nutzung von Holz wird ein Teil des Kohlenstoffs von den Bäumen auf die Produkte übertragen, d. h. die Produkte fungieren ebenso wie der Wald als Speicher. Am Ende ihres Lebenszyklus wird der Kohlenstoff durch Verbrennung oder Zersetzungsprozesse wieder in die Atmosphäre oxidiert. Ebenso wie in der Kategorie Wald werden diese CO_2-Emissionen auf

Basis der Änderung des Kohlenstoffspeichers über die Zeit berechnet. Methodisch wird hierzu in einem ersten Schritt die Höhe des Speichers über den jährlichen Kohlenstoffzufluss in den Produktspeicher ermittelt, welcher in den hergestellten Holzwaren (Schnittholz, Holzwerkstoffe und Papier) enthalten ist (s. Tabelle 2.2).

Tabelle 2.2: Jährliche in den Produktspeicher eingehende Kohlenstoffmengen (in Mio. t $CO_{2)}$

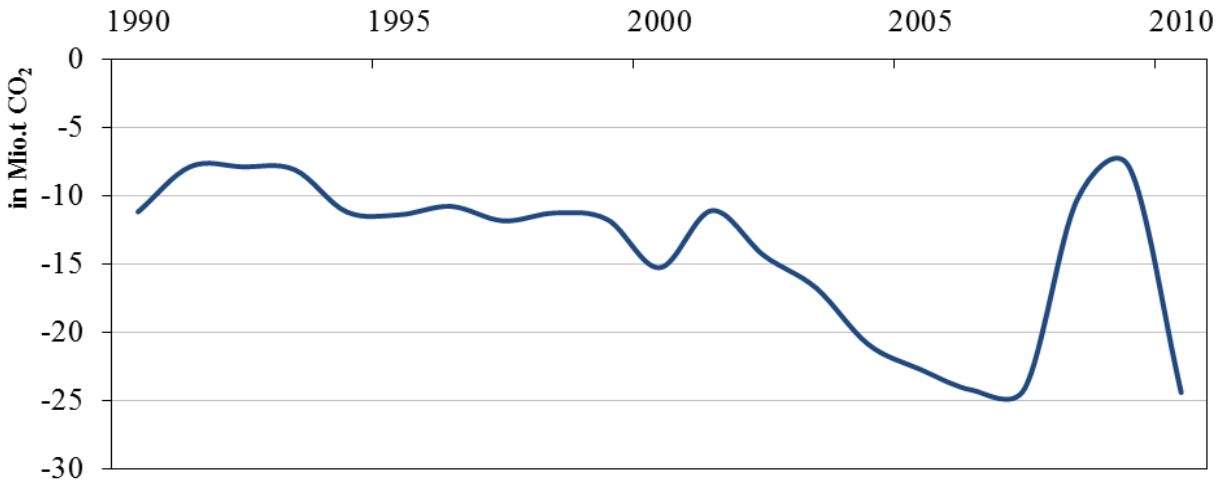
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
11,487	**10,799**	**10,947**	**11,168**	**12,260**	**12,641**	**12,781**	**13,342**	**13,420**	**13,743**
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
14,984	**14,102**	**15,223**	**16,209**	**17,766**	**18,756**	**19,662**	**20,111**	**16,609**	**15,858**

Quelle: Rüter (2011a).

Zugleich wird diesem jährlichen Kohlenstoffzufluss der jährliche Abfluss an Kohlenstoff aus dem existierenden Speicher gegenübergestellt, der sich nach den methodischen Vorgaben des IPCC mithilfe einer logistischen Zerfallsfunktion auf Basis einer durchschnittlichen Verweilzeit des Kohlenstoffs im Produktspeicher berechnen lässt. Weitere Informationen zur angewandten Methodik finden sich in Rüter (2011a), IPCC (2006) und UNFCCC (2011). Unter Verwendung der beschriebenen Vorgehensweise ergibt sich ein Nettoeffekt in Höhe von -17,9 Mio. t CO_2, der im Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2009 durch die Verlängerung der Speicherwirkung von biogenem Kohlenstoff in Holzprodukten erreicht wurde (Rüter, 2011b) (vgl. Abbildung 2.7).

Zentralen Einfluss auf die Entwicklung der Netto-Emissionen hat die insgesamt hergestellte Menge an Holzprodukten, die aus heimischem Einschlag stammen. So wurde dieser quasi Senkeneffekt in den letzten Jahren vor allem durch einen Anstieg der aus heimischem Holz hergestellten Produktmenge erzielt, die den Speicher erhöht hat.

Abbildung 2.7: Entwicklung der jährlichen Netto-Emissionen aus dem Holzproduktespeicher (in Mio. t. CO_2)



Quelle: Rüter (2011a).

Substitutionseffekte durch Holznutzung

Neben der Speicherwirkung können aus Holz hergestellte Waren auch Produkte aus anderen Materialien ersetzen, deren Herstellung mit einem höheren Energieverbrauch verbunden ist. Diese stoffliche Substitutionswirkung, die in vielen Studien nachgewiesen wurde (vgl. Sathre, O'Connor, 2010), macht sich in der Treibhausgasberichterstattung durch einen geringeren Energieverbrauch in den Sektoren Industrie und Energie bemerkbar. Auch die energetische Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes ersetzt fossile Energieträger und kann somit, die massennachhaltige Bereitstellung des Rohstoffs vorausgesetzt, treibhausgaswirksame Emissionen aus nicht nachhaltigen fossilen Quellen ersetzen. So wird neben dem direkt aus dem Wald entnommenen Energieholz und einem Teil der bei der Verarbeitung anfallenden Holzreststoffe auch ca. 78 % des in Deutschland anfallenden Altholzes energetisch verwertet.

Die methodische Grundlage für die Quantifizierung der Substitutionswirkung der Holznutzung bilden Ökobilanzen nach ISO 14040/44. Voraussetzung für eine Abschätzung ist weiterhin die Annahme, dass eine bestimmte Nachfrage der Gesellschaft nach Gütern und Dienstleistungen besteht, die durch verschiedene Produkte aus unterschiedlichen Materialien bereitgestellt werden kann. Die zugrunde liegenden Vergleiche unterschiedlicher Produkte dürfen zudem immer nur auf Basis der gleichen funktionalen Eigenschaften der Produkte durchgeführt werden. So konnte für den Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2009 der Beitrag der stofflichen Substitution durch die verwendeten Holzprodukte auf jährlich ca. 56,7 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ und der Beitrag der energetischen Substitutionsleistung auf ca. 30,1 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ eingegrenzt werden, , was die in Tabelle 2.5 dargestellten Werte zur energetischen Substitutionswirkung aller biogenen Festbrennstoffe untermauert (Rüter, 2011b).

2.4 Exkurs: Emissionen entlang der Wertschöpfungsketten und Wirkungen der Bioenergienutzung

2.4.1 THG-Emissionen des Agrar- und Ernährungssektors

Bei der Quantifizierung der Treibhausgasemissionen der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft müssen auch diejenigen Emissionen beachtet werden, die im vor- und nachgelagerten Bereich entstehen. Hierunter fallen Emissionen, die bei der Bereitstellung von Düngern, Pestiziden und Futtermitteln im vorgelagerten Bereich oder bei der Verarbeitung von Nahrungsmitteln und im Handel im nachgelagerten Ernährungssektor entstehen. Zur Ermittlung der kumulierten Treibhausgasemissionen werden die in Deutschland abgesetzten Produktmengen mit Emissionsfaktoren gewichtet. Diese Faktoren stammen im vorgelagerten Bereich vor allem aus Ökobilanzen. Sind nur monetäre Werte verfügbar, werden Treibhausgasemissionen pro Euro Produktwert ermittelt. Dies trifft auf Vorleistungen, wie z. B. Investitionen in Bauten, Maschinen und Anlagen oder Aufwendungen für Dienstleistungen sowie den nachgelagerten Bereich zu. Da sowohl die Emissionswerte pro Euro als auch viele Faktoren aus den Ökobilanzen durchschnittliche Werte für bestimmte Gütergruppen darstellen, können die ermittelten kumulierten Treibhausgasmengen lediglich als Näherungswerte betrachtet werden. Unterschiedliche Analysemethoden, Datengrundlagen, Systemgrenzen, Detaillierungsgrade und verschiedene zeitliche Bezüge erhöhen die Unsicherheit der Ergebnisse zusätzlich.

Treibhausgasemissionen im vorgelagerten Bereich

Für den vorgelagerten Bereich werden Emissionsfaktoren aus Bockisch et al. (2000), Williams et al. (2006), Stichnothe (2012), Eriksson et al. (2004), Williams et al. (2006), Dalgaard et al. (2008), Hirschfeld et al. (2008), FAO (2012), Flessa et al. (2012) und der Gemis-Datenbank des UBA ermittelt. Ferner steht eine Literaturrecherche des Thünen-Instituts für agrarrelevante Klimaforschung über Emissionen von Stickstoff-Mineraldüngern zur Verfügung. Für einige Vorleistungen liegen keine Angaben über kumulierte Emissionsmengen vor. Verbleibende Datenlücken werden durch Übernahme von Angaben für ähnliche Produkte geschlossen.

Die Emissionen pro Euro werden mithilfe von kumulierten Treibhausgasemissionen aus den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (Statistisches Bundesamt, 2011) und Produktionswerten der letzten Verwendung aus den Input-Output-Tabellen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (Statistisches Bundesamt, 2007) berechnet. Die Werte geben die durchschnittlichen kumulierten Emissionsfaktoren je Euro Produktionswert einer (Teil-) Branche an.

Der Stromverbrauch wird aus Daten der Umweltgesamtrechnung (Statistisches Bundesamt, 2011) auf Basis der Netto-Energiemengen ohne Konversions- und Leitungsverluste berechnet. Die THG-Emissionen aus der Stromproduktion im Jahr 2007 werden anhand der spezifischen THG-Emissionen des deutschen Strommix berechnet (UBA, 2012a). Alle anderen Energieträger werden auf Grundlage der Angaben des Statistischen Bundesamtes (2011) mit den für den Agrarsektor ausgewiesenen Primärenergiemengen angesetzt.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Tabelle 2.3 zusammengefasst dargestellt. Insgesamt werden bei der Bereitstellung der Vorleistungen für den Agrarsektor knapp 28 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq}$. emittiert. Mehr als ein Drittel dieser Emissionen ist auf die energieintensive Produktion von Stickstoffdüngemitteln zurückzuführen. Die Bereitstellung von Strom und Gas führt zu ebenso hohen Emissionen.

Tabelle 2.3: Kumulierte THG-Emissionen aus der Bereitstellung von Vorleistungen für die Landwirtschaft (2007)

Vorleistungen der Landwirtschaft	Einheit	Inlands-absatz	kumulierte THG-Emissionen
			Mio. t $CO_{2\text{-}Äq.}$
Sojamehl/-kuchen[1)]	t	4.569.000	3,81
N-Dünger	t N	1.679.607	9,55
P-Dünger	t P2O5	25.856	0,02
K-Dünger	t K2O	238.525	0,11
Ca-Dünger[2)]	t CaO	1.538.299	0,30
Pestizide	t Wirkstoff	40.983	0,22
Bauten[3)]	Mill. €	1.700	0,70
Ausrüstung (Fahrzeuge und Landmaschinen)	Mill. €	5.925	2,21
Instandhaltung (Maschinen und Bauten)	Mill. €	2.618	0,37
Dienstleistungen (inkl. Tierarzt und Medikamente)	Mill. €	7.391	1,03
Gas und Strom	Mill. €	1.264	9,46
Vorleistungen insgesamt			**27,77**

[1)] Landnutzungsänderungen sind nicht berücksichtigt.

[2)] Kohlensaurer Kalk und Branntkalk; ohne Ca-Düngerabsatz in der Forstwirtschaft.

[3)] ohne Wohnbauten sowie ohne landwirtschaftlichen Wegebau und andere staatliche Infrastrukturmaßnahmen für die Landwirtschaft.

Quellen: BMELV (2010) Tab. 76, 83, 178, 181; (weitere Quellen s. Text), eigene Berechnungen.

Weitere Vorleistungen wie Maschinen, Bauten und andere Investitionen sowie Dienstleistungen werden in Bilanzierungen oft vernachlässigt. Die vorgestellten Berechnungen zeigen, dass dieser Bereich über 10 % an den Gesamtemissionen der dargestellten Vorleistungen verursacht.

Eine weitere, wichtige Vorleistung sind Futtermittel. Die Futtermittel, die innerhalb des Agrarsektors produziert und verwendet werden, werden jedoch von der Betrachtung in Tabelle 2.3 ausgeklammert, da ihre Emissionen in den Angaben für den deutschen Agrarsektor enthalten sind. Auch energiereiche und sonstige Futtermittel, die als Nebenprodukten der Ernährungsindustrie anfallen und in erster Linie aus in Deutschland produzierten Agrarprodukten hergestellt werden, sind in Tabelle 2.3 nicht enthalten.

Sojabohnen und Sojaschrot als Futtermittel werden dagegen berücksichtigt. Der Großteil der deutschen Sojaimporte stammt aus Südamerika, insbesondere aus Argentinien und Brasilien. Hierbei entstehen Treibhausgasemissionen, die über die kumulierten THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft zugerechnet werden. Verschiedenen Quellen zufolge entstehen beim Anbau von Sojabohnen Treibhausgasemissionen in Höhe von 0,39 bis 1,3 kg $CO_{2\text{-}Äq.}$/kg Sojabohnen (Williams et al., 2006; LCA-Food Database, 2003; Reichert und Reichert, 2011 zit. in Flessa et al., 2012). Weitere Emissionen entstehen bei der Ausweitung der Sojaproduktion im Zusammenhang mit Landnutzungsänderungen (v. a. in Südamerika), also der Rodung von Wäldern und Savannen zur Gewinnung neuer Anbauflächen. Da diese Emissionen jedoch nicht genau quantifiziert und einzelnen Produkten zugeordnet werden können, werden sie in vielen Ökobilanzen nicht berücksichtigt. Dabei können Emissionen aus Landnutzungsänderungen mehr als 90 % der Gesamtemissionen des Sojaanbaus ausmachen (Reichert und Reichert, 2011 zit. nach Flessa et al., 2012). Aufgrund der Schwierigkeiten mit der Quantifizierung werden sie jedoch in Tabelle 2.3 nicht mit einbezogen. Insgesamt gehen in Deutschland ohne Berücksichtigung der Auswirkungen von Landnutzungsänderungen ca. 3,8 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq.}$ auf die Verwendung von Sojamehl und -kuchen als Futtermittel zurück.

Treibhausgasemissionen im nachgelagerten Bereich

Im Folgenden werden die durch den Energieverbrauch verursachten Treibhausgasemissionen des Ernährungssektors analysiert. Der Anteil der Emissionen, die in Deutschland durch die menschliche Ernährung verursacht werden, wird auf 16 bis 22 % der gesamten Emissionen geschätzt (Grünberg et al., 2010). Die Lebensmittelproduktion und -bereitstellung, insbesondere die Tierproduktion, verursachen den größten Anteil der Treibhausgasemissionen (45 bis 75 %), gefolgt vom Energieverbrauch der Haushalte für die Lagerung und Zubereitung von Nahrungsmitteln sowie der Raumwärme (20 bis 40 %). Auf die Verarbeitung und den Handel mit Nahrungsmitteln entfällt Schätzungen zufolge nur ein Anteil von 4 bis 14 %. Einsparungen von Treibhausgasemissionen können in diesem Bereich durch eine energieeffizientere Produktion, Lagerung und Distribution von Nahrungsmitteln und der Reduktion von Verpackungsmaterialien erreicht werden (Osterburg et al., 2009).

Tabelle 2.4 gibt eine Übersicht über die Treibhausgasemissionen und die wirtschaftliche Bedeutung der einzelnen Bereiche des nachgelagerten Sektors im Jahr 2007. Für die Sektoren des Groß- und Einzelhandels sowie des Gastgewerbes liegen Daten für die CO_2-Emissionen sowie den Umsatz vor. Auf Grundlage dieser Daten wurden anhand des Anteils des Umsatzes für den Bereich Nahrungsmittel und Getränke sowie Gastronomie die auf die Nahrungsmitteldistribution entfallenden Anteile an den energiebedingten CO_2-Emissionen berechnet. So wurde vereinfacht angenommen, dass die Emissionen den gleichen Anteil am jeweiligen volkswirtschaftlichen Sektor haben wie der Umsatz. Diese Zahlen sind als Näherung an den tatsächlichen Anteil der Emissionen des nachgelagerten Ernährungssektors zu verstehen, eine konkretere Aussage ist mit der derzeitigen Datengrundlage nicht möglich.

Tabelle 2.4: Kumulierte Treibhausgasemissionen des nachgelagerten Ernährungssektors

Wirtschaftszweig	Umsatz Mrd. €	THG-Emissionen Mio. t $CO_{2\text{-}Äq.}$	Anteil THG-Emissionen %
Produzierendes Ernährungsgewerbe	157,8	9,5	61%
Großhandel mit Nahrungsmitteln, Getränken und Tabakwaren	136,7	0,9	6%
Einzelhandel mit Nahrungsmitteln, Getränken und Tabakwaren	146,7	3,3	21%
Gastronomie	32,5	1,9	12%
Summe	**473,7**	**15,5**	**100%**

Quelle: eigene Berechnung auf Basis von BMELV (2010), Statistisches Bundesamt (2011).

Den größten Anteil der Emissionen im nachgelagerten Ernährungsbereich verursacht mit rund 9,5 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq.}$ (61 %) das produzierende Ernährungsgewerbe, gefolgt vom Einzelhandel mit Nahrungsmitteln und der Gastronomie. Der Großhandel trägt deutlich weniger zu den THG-Emissionen bei als die anderen Sektoren. Der Einzelhandel mit Nahrungsmitteln und Getränken ist mit mehr als einem Drittel des gesamten Einzelhandels ein wichtiger Wirtschaftsbereich in Deutschland. Gemessen an dem geringerem Umsatz der Gastronomie verursacht diese mit 1,9 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq.}$ relativ hohe Emissionen. Dies trifft ebenso auf das produzierende Ernährungsgewerbe zu, das nur einen geringfügig höheren Umsatz als Groß- und Einzelhandel aufweist, jedoch deutlich mehr Emissionen verursacht. Der hohe Energieaufwand, der in diesen Bereichen für die Speiseverarbeitung und -zubereitung notwendig ist, trägt somit in größerem Umfang zu den THG-Emissionen des nachgelagerten Bereichs der Landwirtschaft bei als Transport, Lagerung und Handel. Für einzelne Produkte, die z. B. eine Kühlung erfordern, können jedoch auch in diesen Bereichen erhebliche THG-Emissionen entstehen.

Schlussfolgerungen zur Bedeutung des vor- und nachgelagerten Bereichs

Die Berücksichtigung der Emissionen entlang der gesamten Kette ist sinnvoll, um ein umfassendes Bild der gesamten agrar- und ernährungsbedingten Emissionen zu erhalten. Bei den ermittelten, kumulierten Emissionsmengen des vor- und nachgelagerten Bereichs handelt es sich allerdings nur um Näherungswerte. Die vorgestellte Abschätzung zeigt, dass diese Bereiche nicht unerheblich zu den Gesamtemissionen der Agrar- und Ernährungswirtschaft beitragen. Etwa 28 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq.}$ entstehen alleine durch die Bereitstellung von Vorleistungen für die Landwirtschaft. Ein großer Teil davon stammt aus der Stickstoffdüngerproduktion, der Energiebereitstellung und aus dem Import von Sojafuttermitteln. Im nachgelagerten Bereich entstehen mit ca. 15,5 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq.}$ noch einmal halb so viele Emissionen. Das produzierende Ernährungsgewerbe macht hierbei den größten Anteil aus. Dies ist auf den hohen Energieverbrauch bei der Lebens-

mittelverarbeitung zurückzuführen, der nach Art des Lebensmittels, der Produktionsweise und der Verarbeitungstiefe variiert. Die direkten Emissionen aus der Landwirtschaft stellen mit ca. 65 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ im Vergleich zum vor- und nachgelagerten Bereich die bedeutendste Emissionsquelle der Agrar- und Ernährungswirtschaft dar.

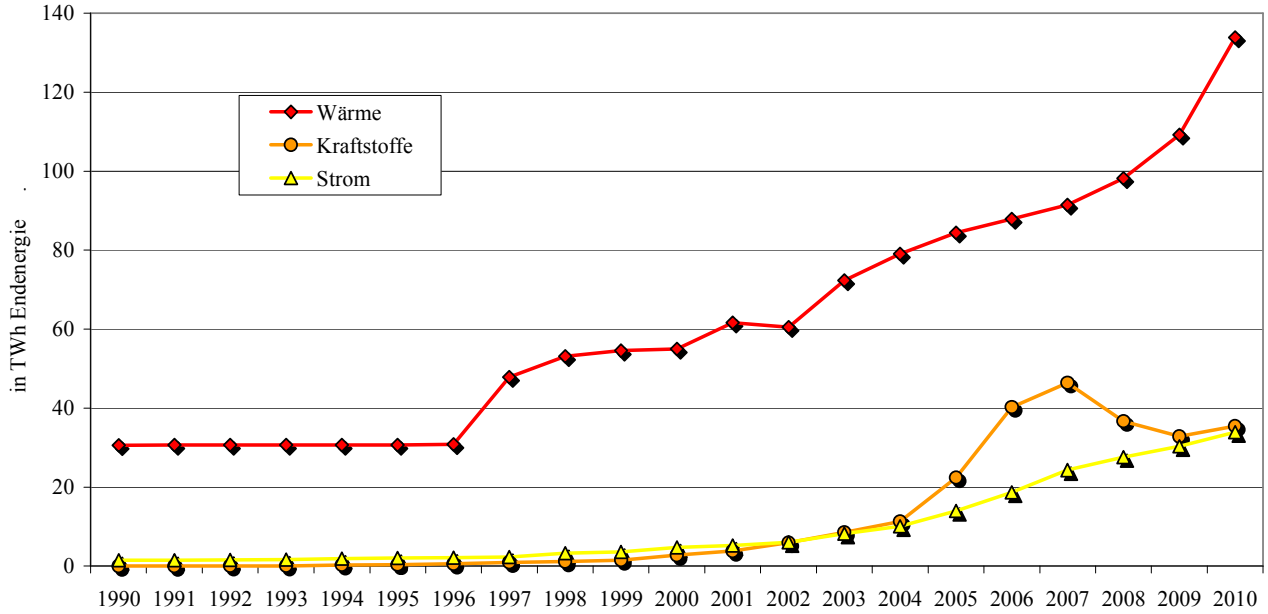
Die Emissionen im vor- und nachgelagerten Bereich sind nicht einfach zu erfassen, da Mengen- und Energieströme komplex sind. Der deutsche Agrarsektor versorgt einerseits die deutsche Bevölkerung mit Agrarprodukten, exportiert jedoch andererseits einen erheblichen Teil der Produktion. Dies sind teilweise Vorprodukte oder halbfertige Produkte, die im Ausland weiterverarbeitet werden. Der Import von Agrarprodukten ist ebenso vielschichtig. Zum einen gelangen fertige Endprodukte auf den Markt, zum anderen werden Rohprodukte importiert, die im deutschen Ernährungssektor verarbeitet werden. Diese wiederum können auf dem inländischen Markt verkauft oder auch exportiert werden. Da es aufgrund dieser komplexen Handelsströme nicht immer möglich ist nachzuvollziehen, ob ein Produkt aus eigener Herstellung oder aus Importen stammt, kann lediglich die Nettobilanz betrachtet werden.

2.4.2 Beitrag erneuerbarer Energien auf Biomassebasis zur Vermeidung von THG-Emissionen

Durch die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern auf Biomassebasis werden fossile Energieträger ersetzt. Dadurch werden THG-Emissionen aus der Verbrennung dieser fossilen Energieträger vermieden. Für die Bilanzierung der Netto-Wirkungen sind dieser THG-Minderung die THG-Emissionen aus der Bereitstellung der Biomasse-Energieträger gegenüberzustellen. Im Folgenden sollen die Entwicklung der energetischen Biomassenutzung und die dadurch ermöglichten THG-Einsparungen dargestellt werden. Dafür werden Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (BMU, 2011) herangezogen. Die Entwicklung des Einsatzes von Energieträgern auf Biomassebasis wird in Abbildung 2.8 dargestellt.

In den Zahlen der Abbildung 2.8 ist die Nutzung von Abfallbiomasse enthalten, also der Anteil biogener Stoffe in der Abfallverbrennung sowie Klär- und Deponiegas. Auf Abfallbiomasse entfällt aber nur ein geringer Teil der energetisch verwendeten Biomasse, im Jahr 2010 lag der Anteil an der insgesamt aus biogenen Energieträgern bereitgestellten Endenergie bei 6 %. Dies bedeutet, dass Bioenergieträger vor allem direkt eingesetzt werden und nur zu einem Bruchteil am Ende einer vorgeschalteten, stofflichen Kaskadennutzung stehen.

Abbildung 2.8: Bereitstellung von Energie aus Biomasse (einschließlich Abfall) in Deutschland von 1990 bis 2010 in TWh Endenergie



TWh = Tera-Wattstunden (Tera = Billionen).

Quelle: BMU (2011:9, 11 und 12); eigene Berechnungen.

In allen drei Verwendungsbereichen Strom, Wärme und Kraftstoffe wurden seit 1990 erhebliche Zuwächse realisiert. Der Rückgang der Verwendung biogener Kraftstoffe nach 2007 ist auf die Umstrukturierung der Biokraftstoffförderung zurückzuführen. In deren Folge ging die Verwendung von Pflanzenöl erheblich zurück. Zuwächse bei Bioethanol oder Biodiesel konnten dies bis zum Jahr 2010 nicht kompensieren.

In Tabelle 2.5 wird der Beitrag erneuerbarer Energien für das Jahr 2010 genauer aufgeschlüsselt. Biomasse-Energieträger machten einen Anteil von 71 % an der gesamten Endenergie aus Erneuerbaren Energien aus, das entspricht gut 8 % an der gesamten Endenergie. Bei Strom aus erneuerbaren Quellen ist der Anteil der Bioenergie mit 32 % vergleichsweise gering. Im Gegensatz dazu liegt ihr Anteil bei der Wärme sehr hoch (93 %), und bei Kraftstoffen sind es 100 %. Dem Einsatz von Festbrennstoffen für Strom und vor allem Wärme kommt mit 40 % an der Endenergie aus Erneuerbaren Energien eine herausragende Bedeutung zu. Dabei handelt es sich vor allem um Holz.

Tabelle 2.5: Beitrag erneuerbarer Energien zur Energiebereitstellung und vermiedene THG-Emissionen in Deutschland im Jahr 2010, darunter solche aus Biomasse (einschließlich Abfall)

	Endenergie	Anteil am Endenergieverbrauch	vermiedene THG-Emissionen
	TWh	%	Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$
Stromerzeugung	**104,3**	**17,1**	**75,3**
dar. biogene Festbrennstoffe	11,2	1,8	8,7
dar. biogene flüssige Brennstoffe	1,7	0,3	1,0
dar. Biogas	14,5	2,4	8,2
dar. Klärgas	1,1	0,2	0,8
dar. Deponiegas	0,7	0,1	0,5
dar. biogener Anteil des Abfalls	4,8	0,8	3,7
Wärmeerzeugung	**144,7**	**10,2**	**39,6**
dar. biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	72,7	5,1	21,9
dar. biogene Festbrennstoffe (Industrie)	23,9	1,7	7,3
dar. biogene Festbrennstoffe (HW/HKW)	6,7	0,5	1,9
dar. biogene flüssige Brennstoffe	7,9	0,6	2,1
dar. Biogas	13,7	1,0	2,1
dar. Klärgas	1,1	0,1	0,3
dar. Deponiegas	0,3	0,0	0,1
dar. biogener Anteil des Abfalls	7,6	0,5	2,2
Kraftstoff	**35,4**	**5,8**	**5,0**
dar. Biodiesel	26,1	4,2	3,6
dar. Pflanzenöl	0,6	0,1	0,1
dar. Bioethanol	8,7	1,4	1,3
gesamt	**284,5**	**11,3**	**119,8**
dar. biogene Energieträger	203,2	8,1	65,8

Quelle: BMU (2011: 7.

Die Nettowirkungen des Einsatzes erneuerbarer Energien auf die THG-Emissionen sind nicht direkt in den THG-Inventaren ablesbar, sondern müssen separat mithilfe von Ökobilanzen berechnet werden (vgl. Kapitel 2.3.3, Substitution von Holzprodukten). Eine Abschätzung der vermiedenen THG-Emissionen durch den Einsatz erneuerbarer Energien wird von der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik zusammen mit den Angaben zur Energiebereitstellung publiziert (BMU, 2011). In der Berechnung werden sowohl direkte Emissionen als auch Emissionen aus der Bereitstellung der Energieträger berücksichtigt, weiterhin fließen Annahmen über die jeweils substituierten fossilen Energieträger ein (vgl. Memmler et al., 2009). Im Falle von Biokraftstoffen orientiert sich die Methode zur Allokation von Emissionen auf Haupt- und Nebenprodukten an Vorgaben der EU, und es werden „typische Werte“ aus der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen zugrunde gelegt.

Nicht in die Berechnungen einbezogen sind die Auswirkungen von direkten und indirekten Landnutzungsänderungen auf die CO_2-Bilanz von Bioenergiesystemen. Dies liegt daran, dass es zum einen keine anerkannten Methoden zur Bestimmung indirekter Landnutzungsänderungen gibt

und zum anderen, dass Datengrundlagen fehlen. Weiterhin kann die Bereitstellung erneuerbarer Energien die Energiepreise und damit die Nachfrage beeinflussen. Die dadurch ausgelösten Wirkungen auf die THG-Bilanzen werden bei vereinfachten Annahmen zur Energiesubstitution nicht berücksichtigt.

Da kaum Informationen zu direkten Landnutzungseffekten durch den Anbau von Biomasse für Bioenergie für ganz Deutschland, besonders aber für die Exportländer vorliegen und die Stoffströme importierter Bioenergieträger nur unzureichend erfasst werden, gehen Memmler et al. (2009) davon aus, dass die THG-Vermeidung insbesondere im Fall der Biokraftstoffe und flüssiger Biomasse systematisch zu hoch ausgewiesen wird. Die Berücksichtigung dieser Effekte kann in einigen Fällen sogar dazu führen, dass die mit Bioenergie verbundene Treibhausgasminderung negativ wird (s. Tabelle 2.6).

Tabelle 2.6: Standardwerte für flächenbezogene THG-Emissionen durch direkte Landnutzungsänderungen (Fritsche und Wiegmann, 2008)

Kultur	**vorherige Nutzung**	**THG-Emissionen** [kg CO2/ha/a]
Weizen	Grünland	2.630
	Acker	0
Mais	Grünland	2.630
	Acker	0
Pappel (KUP)	Grünland	1.255
	Acker	-1.375
Zuckerrohr	Savanne	14.428
	degradiertes Land	-3.722
	Acker	-55
Raps	Grünland	2.630
	Acker	0
Ölpalme	tropischer Regenwald	28.417
	degradiertes Land	-13.750
Jatropha	Acker	-458
	degradiertes Land	-4.125
Rutenhirse	Grünland	1.897
	Acker	-733

Insbesondere für importierte Bioenergieträger aus Ländern, die keine Emissionsreduktionsverpflichtungen unter dem Kyoto-Protokoll eingegangen sind oder jährliche Treibhausgasinventare erstellen, kann nicht ohne weiteres von ihrer CO_2-Neutralität ausgegangen werden – geschweige denn von einer für die Emissionsbilanz positiven Substitutionswirkung (vgl. u. a. Searchinger et al., 2008; Fargione et al., 2008).

Für eine deutschlandweite Bestimmung der durch den Anbau von Biomasse für Bioenergie hervorgerufenen, indirekten Landnutzungsänderungen, d. h. die mit den Bioenergieträgern verbun-

denen Verdrängungseffekte und ihre Auswirkung auf die Treibhausgasbilanz, existieren hingegen keine anerkannten Methoden. Problematisch erscheinen hier vor allem die durch die Flächenkonkurrenz verursachten Emissionen in Exportländern, z. B. von Palmöl, welche die durch den Anbau dieser Kulturen verursachten Landnutzungsänderungen und die damit verbundenen Emissionen nicht einmal als direkte Emissionen im Rahmen der nationalen Treibhausgasinventare erfassen (vgl. Abbildung 2.4 und Tabelle 2.1).

Der Beitrag der biogenen Energieträger zur gesamten THG-Einsparung durch erneuerbare Energien fällt mit 55 % der Gesamtwirkung deutlich hinter ihren Anteil von 71 % an der erneuerbaren Endenergie zurück. Dies ist auf die THG-Emissionen zurückzuführen, die bei der Bereitstellung von Biomasse entstehen. Biokraftstoffe weisen die geringsten Beiträge zur THG-Einsparung je Energieeinheit auf. Der Beitrag der biogenen Energieträger insgesamt lag den Schätzwerten zufolge im Jahr 2010 bei knapp 66 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$. Auf direkt genutzte Biomasse entfielen dabei 58,2 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$, auf Abfälle, Klär- und Deponiegas 7,6 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$. Festbrennstoffe, die vor allem aus der Forst- und Holzwirtschaft stammen, trugen mit knapp 40 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ zur THG-Einsparung bei, auf überwiegend landwirtschaftlich erzeugte Energieträger entfielen 18,4 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ (Biogas 10,3 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$, Kraftstoffe 5,0 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ und flüssige Brennstoffe 3,1 Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$).

In Relation zu den Emissionen in den Quellgruppen 4 und 5 liegen die THG-Einsparung durch biogene Energieträger der Berechnungsmethode des UBA zufolge sehr hoch. Zu bedenken ist dabei, dass direkte und indirekte Landnutzungsänderungen nicht berücksichtigt werden. Landnutzungsbedingte Effekte können die Nettowirkung auf die THG-Emissionen signifikant verschlechtern, zudem sind sie nicht auf Biokraftstoffe begrenzt, sondern spielen z. B. auch bei der Biogasproduktion eine Rolle. Hinzu kommt, dass durch die verstärkte, energetische Biomassenutzung auch andere indirekte Effekte eintreten, etwa die Verdrängung stofflicher Verwendungen und der Abbau von Kohlenstoffvorräten im Wald.

3 Ausgewählte klimaschutzpolitische Rahmenregelungen

In diesem Abschnitt werden relevante Weiterentwicklungen auf Ebene des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), des Kyoto-Protokolls und der Europäischen Union beschrieben und eingeordnet. Die Verordnungsentwürfe der EU-Kommission zur THG-Berichterstattung und zu LULUCF befinden sich noch in der Diskussion (Abschnitte 3.1.4 und 3.2.2), ebenso die Vorschläge zur verstärkten Berücksichtigung klimaschutzpolitischer Ziele bei der Weiterentwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik (Abschnitt 3.3) und der „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO_2-armen Wirtschaft“ im Jahr 2050 (Abschnitt 3.4).

3.1 Klimaschutzpolitische Beschlüsse mit Relevanz für die Quellgruppe 4 Landwirtschaft

3.1.1 Low-Carbon Strategies (Entscheidung 1/CP.16)

Auf der 16. Vertragsstaatenkonferenz in Cancun im Jahr 2010 wurde unter der Zwischenüberschrift “Enhanced action on mitigation” als Punkt 45 beschlossen, dass Industrieländer sogenannte „low-carbon development strategies or plans” entwickeln sollen, allerdings ohne konkrete Zeitvorgabe. Mögliche Vorgehensweisen zur Aufstellung solcher Strategien und Fallbeispiele werden z. B. in Clapp et al. (2010) vorgestellt. Die Autoren nutzen dabei die Bezeichnung „low-emission development strategies“ (LEDS), die langfristige Planungen zur wirtschaftlichen Entwicklung, Klimaschutz und Anpassung an Klimwandel umfassen. In diese Strategien sollten alle Sektoren einbezogen werden, u. a. auch die Landwirtschaft und der Bereich LULUCF. Durch die integrierte, sektorübergreifende Betrachtung wird sichtbar, inwieweit die einzelnen Sektoren zur Erreichung von Klimaschutzzielen beitragen. Als Beispiel für Deutschland werden von Clapp et al. (2010) die Meseberger Beschlüsse genannt, in denen die Bundesregierung im August 2007 die Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm festgelegt hat.

3.1.2 Rolle der Landwirtschaft in den Verhandlungen zur Fortschreibung der Klimarahmenkonvention

Auf der 17. Vertragsstaatenkonferenz im Dezember 2011 in Durban hat die EU vorgeschlagen, den Wissenschaftlich-Technischen Ausschuss des VN-Klimaregimes (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, SBSTA) aufzufordern, ein Arbeitsprogramm Landwirtschaft zu erarbeiten, fand jedoch keine ausreichende Unterstützung. Insbesondere Entwicklungs- und Schwellenländer sehen die Landwirtschaft vor allem als vom Klimawandel betroffenen Sektor und befürchten im Falle einer stärkeren Einbeziehung des Agrarsektors in Klimaschutzverpflichtungen negative Wirkungen auf die Ernährungssicherung (Murphy und Boyle, 2012). Die Vertragsstaaten

wurden in Durban jedoch dazu aufgefordert, dem Klimasekretariat bis Mai 2012 ihre Standpunkte zum Thema Landwirtschaft und Klima zu übermitteln. Darauf aufbauend sollte auf der 36. Sitzung des Wissenschaftlich-Technischen Ausschusses im Mai 2012 in Bonn ein Arbeitsauftrag zur Landwirtschaft diskutiert werden. Dort gab es zur Landwirtschaft aber erneut keinen Beschluss, das Thema wurde auf die 37. SBSTA-Sitzung vertagt. Grund war der Widerstand von Argentinien und Indien, Landwirtschaft auch unter dem Thema THG-Minderung zu betrachten. Die Forderung, sich bezüglich der Landwirtschaft nur auf Anpassung an den Klimawandel zu konzentrieren, wurde wiederum von den Industrieländern abgelehnt. Da die Verhandlungen im Kontext der langfristigen Ziele stattfinden, bezieht sich Landwirtschaft hier auf die UNFCCC-Sektoren „Landwirtschaft“ und „LULUC“.

3.1.3 Das Klima- und Energiepaket der EU, die Lastenteilungsentscheidung

Die Entscheidung Nr. 406/2009/EG, die sogenannte Lastenteilungsentscheidung („effort sharing decision“, ESD), stellt eines der Elemente zur Umsetzung des im Dezember 2008 beschlossenen Klima- und Energiepakets der EU[2] dar. Das Paket sollte die 15. Vertragsstaatenkonferenz in Kopenhagen vorbereiten und beinhaltet die Festlegung von Minderungszielen von 1990 bis 2020 um 30 %, soweit auch andere Industrie- und Schwellenländer einen angemessenen Beitrag leisten. Für den Fall, dass es keinen solchen Verhandlungserfolg gibt, hat sich die EU unilateral zu einer Senkung der THG-Emissionen von 1990 bis 2020 um 20 % verpflichtet. Diese Ziele wurden in der Richtlinie 2009/29/EG *„zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten“* sowie in der Lastenteilungsentscheidung 406/2009/EG rechtsverbindlich festgeschrieben.

Weiterhin soll der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis 2020 auf 20 % verdreifacht werden. Der Anteil erneuerbarer Energien am im Verkehrssektor eingesetzten Benzin und Diesel soll im Jahr 2020 bei 10 % liegen. Die Ziele für erneuerbarer Energie sowie Nachhaltigkeitskriterien für Biokraftstoffe und flüssige Brennstoffe wurden in der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen verbindlich festgeschrieben. Teil des Pakets ist ferner die Steigerung der Energieeffizienz um 20 % im Vergleich zu Prognosen für das Jahr 2020. Im Juni 2011 hat die EU-Kommission einen Entwurf für eine Energieeffizienz-Richtlinie vorgelegt. Eine rechverbindliche Festlegung dieses Ziels steht aber noch aus, das es im Ministerrat bisher noch keine Einigung zur geplanten Richtlinie gibt.

Aus den Einzelzielen für die THG-Reduktion, den Anteil erneuerbarer Energien und die Energieeffizienz leitet sich das Motto "20-20-20 bis 2020" ab. Die beschriebenen Ziele für das Jahr 2020 wurden unter dem Kernziel „Klimawandel und Energie“ auch in das Wirtschaftspro-

[2] Vgl. Dokumentation im Internet unter http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm

gramm der EU „Europa 2020“ aufgenommen, das im Juni 2010 vom Europäischen Rat verabschiedet wurde und an die Lissabon-Strategie anschließt.

Die Lastenteilungsentscheidung

Die Entscheidung 406/2009/EG *„über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020*“ des Europäischen Parlaments und des Rates ergänzt die Reduktion von Treibhausgasemissionen im EU-Emissionshandelssystems (EU ETS), das bedeutende THG-Emittenten aus der Energiewirtschaft und der Industrie einbezieht. Für das ETS wurden im Rahmen des Klima- und Energiepakets separate Minderungsziele von 21 % gegenüber 2005 definiert.

Die Entscheidung legt in Art. 3 und Anhang II zusätzliche Reduktionsverpflichtungen außerhalb des ETS in Höhe von EU-weit durchschnittlich 10 % gegenüber 2005 fest. Von dieser Verpflichtung werden die Sektoren Verkehr, kleine Energie- und Gewerbebetriebe, Haushalte, Abfallwirtschaft und die Landwirtschaft (nur Quellgruppe 4) erfasst. Die Quellgruppe LULUCF ist nach Art. 9 nicht in die Minderungsverpflichtungen eingeschlossen, sodass Klimaschutzaktivitäten in diesem Bereich nicht auf die in der Entscheidung festgelegten Ziele anrechenbar sind. Die Kommission kann aber einen Rechtsakt zur Einbeziehung von LULUCF in Klimaschutzverpflichtungen vorschlagen (vgl. Abschnitt 3.2.2). Voraussetzung dafür ist, dass die Dauerhaftigkeit der Klimaschutzwirkungen, die „Umweltintegrität“ des Beitrags aus dem LULUCF-Bereich, die genaue Überwachung und Verbuchung gewährleistet werden.

Den Mitgliedstaaten werden in Art. 3 und Anhang II der Entscheidung unterschiedlich hohe Minderungsverpflichtungen für diejenigen Emissionen zugeteilt, die nicht durch das ETS gemäß Richtlinie 2003/87/EG abgedeckt sind. Diese Lastenteilung wird auch als „effort sharing“ zwischen den EU-Mitgliedstaaten bezeichnet (zuvor wurde meist der Begriff „burden sharing“ verwendet). Für Deutschland legt die Entscheidung in Anhang II eine Emissionsminderung auf Basis der Emissionen in den nicht-ETS-Sektoren im Jahr 2005 in Höhe von 14 % fest.

Neu ist das jährliche „Accounting“ für die Zielerreichung der Reduktionsverpflichtung entsprechend Lastenteilungsentscheidung 406/2009/EC (EU Klima- und Energiepaket), d. h. Konsequenzen bei Nichterreichung des linearen Zielpfades. Nach Art. 6 sollen die Mitgliedstaaten über die Entwicklung der Emissionen, die Verwendung von Gutschriften, über nationale Strategien und Maßnahmen berichten. Die Kommission bewertet alle zwei Jahre die Fortschritte auf EU-Ebene. Bei dieser Bewertung überprüft die Kommission auch die Notwendigkeit koordinierter Maßnahmen und Maßnahmen auf Gemeinschaftsebene in den unter die Entscheidung fallenden Sektoren und legt ggf. Vorschläge dazu vor.

Die Mitgliedstaaten behalten eine hohe Flexibilität, wie die notwendigen THG-Reduktionen auf Emissionsquellen außerhalb des ETS verteilt werden sollen. Vorgaben zu sektoralen Minderungsverpflichtungen werden nicht gemacht, die notwendigen Reduktionen können also beispielswei-

se nur im Bereich der Gebäudewirtschaft und Energieeffizienz erreicht werden. In den Erwägungsgründen zur Entscheidung wird allerdings explizit gefordert, dass langfristig alle Sektoren zur Erfüllung der Klimaschutzziele beitragen sollen. In Art. 4 wird zusätzlich die Bedeutung der Energieeffizienz betont, und ggf. wird die EU-Kommission bis Ende 2012 verstärkte oder neue Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz vorschlagen. Nach Art. 5 gelten für die Anrechnung von Gutschriften aus Projektmaßnahmen restriktive Obergrenzen, was die Flexibilität einschränkt und zur THG-Reduktion innerhalb der EU-Mitgliedstaaten verpflichtet. Weitere Einschränkungen der Flexibilität der Mitgliedstaaten gelten für den Verkehrssektor, da im Rahmen des Klima- und Energiepakets Vorgaben für die Mindestbeimischung von Biotreibstoffen beschlossen wurden.

Die Entscheidung verdeutlicht die steigenden Anforderungen an THG-Minderungen auch außerhalb des EU-ETS. Als ein wichtiger Emittent neben Verkehr und Haushalten rückt damit auch der Landwirtschaftssektor stärker ins Bewusstsein. Im Rahmen der Festlegung der nationalen Klimaschutzstrategie für die nicht-ETS-Sektoren wird auch für die Landwirtschaft zu klären sein, ob und wie ein Beitrag zur THG-Reduktion erbracht werden soll.

3.1.4 Anforderungen an Biokraftstoffe

Um den Beitrag der Biokraftstoffe zum Klimaschutz abzusichern, werden in der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen Vorgaben zur Verminderung der Treibhausgasemissionen gegenüber fossilen Kraftstoffen festgelegt. Diese sind Voraussetzung für eine Anrechnung der Biokraftstoffe auf das Erneuerbare Energien-Ziel als Teil des Klima- und Energiepakets der EU. Die Emissionsminderung durch Biokraftstoffe muss mindestens 35 % betragen, ab dem Jahr 2017 mindestens 50 %. Weiterhin dürfen Flächen mit hohem Naturschutzwert oder mit hohen Kohlenstoffvorräten wie Wälder und Moore nicht für den Anbau der Rohstoffe verwendet werden. Zusätzlich schreibt die EU-Kraftstoffqualitätsrichtlinie 2009/30/EG fest, dass die spezifischen energiebezogenen Treibhausgasemissionen von Kraftstoffen auf Ebene der Mitgliedstaaten bis Ende 2020 um 6 % gesenkt werden sollen. Für die Berechnung der kumulierten Treibhausgasemissionen werden in beide Richtlinien Berechnungsmethoden und Standardwerte festgelegt.

Die Emissionsminderung von über 50 % stellt für die Biodieselproduktion eine große Herausforderung dar. Ein wichtiger Kritikpunkt ist, dass die Biokraftstoffproduktion indirekte Landnutzungsänderungen auslöst, deren Auswirkungen in der Emissionsbilanz nicht berücksichtig werden. Um diese Effekte künftig zu verhindern, hat die EU-Kommission im Oktober 2012 vorgeschlagen, den Anteil von Biokraftstoffen der ersten Generation auf 5 % des Energieverbrauchs im Verkehrssektor zu beschränken. Die Kommission beschreibt den Vorschlag als klare Botschaft, dass nach 2020 nur noch weiterentwickelte Biokraftstoffe unterstützt werden.

3.1.5 Verordnung (EU) Nr. 525/2013 zur THG-Berichterstattung[3]

Am 21. Mai 2013 trat die Verordnung Nr. 525/2013 über ein System für die Überwachung von Treibhausgasemissionen sowie für die Berichterstattung in Kraft, die die Treibhausgasberichterstattung in der Europäischen Union ab 2013 neu regelt, erweitert und die verschiedenen Berichtsverpflichtungen zu luftverschmutzenden und klimarelevanten Gasen (ETS, E-PRTR, F-Gase …) harmonisiert. Wesentliche Änderungen mit Relevanz für die Landwirtschaft sind:

Verbindliche Festlegung institutioneller Regelungen auf Mitgliedstaaten- und EU-Ebene nicht nur als „National Inventory System“ (Art. 5, wie bisher), sondern zukünftig auch als “National systems for policies, measures and projections” (Art. 12). Dabei sind die Ausgestaltung und damit die Konsequenzen noch unklar.

Übertragung der Anforderungen der NEC-Richtlinie auf Treibhausgase (Art. 12, 13): zum 15. März 2015 und im Anschluss daran alle zwei Jahre ist über Politiken und Maßnahmen zu berichten (bisher: alle 5 Jahre und ohne spezifische Vorgaben; Rhythmus angelehnt an neue UNFCCC-Anforderungen). Dafür müssen ex-ante und ex-post Bewertungen der Maßnahmen durchgeführt werden (Art. 14, neu). Zudem werden regelmäßig Projektionen der Treibhausgase mit und ohne Maßnahmen fällig. Der Rhythmus ist noch unklar und wird in Durchführungsrechtsakten festgelegt (bisher nur für luftverschmutzende Gase). Dies kann je nach erforderlichem Detail einen erheblichen Zusatzaufwand bedeuten und den Druck erhöhen, Politiken und Maßnahmen zu implementieren.

Einrichtung eines zusätzlichen jährlichen Europäischen Überprüfungsprozesses (Art. 19). Der 2012 laufende Überprüfungsprozess erwies sich als relativ aggregiert und sehr hilfreich, um Überschätzungen zu identifizieren, die bisher nicht Gegenstand der Überprüfungen waren, und die Vergleichbarkeit der Inventare zwischen Mitgliedsstaaten zu testen. Es ist unklar, ob und wie diese „umfassende Prüfung“ über den im Jahr 2012 umgesetzten Prozess hinausgehen wird und ob dies zusätzliche Anforderungen mit sich bringen wird, die über die jährlichen Überprüfungen des Klimasekretariats hinaus gehen.

Die wichtigsten neuen Verpflichtungen aus Verordnung EU Nr. 525/2013 sind damit die institutionellen Regelungen zum Monitoring und die Durchführung des zweijährlichen Monitoring von Klimaschutzpolitiken und -maßnahmen im Sektor Landwirtschaft einschließlich ex-ante und ex-post Bewertungen und Projektionen.

---

[3] VERORDNUNG (EU) Nr. 525/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Mai 2013 über ein System für die Überwachung von Treibhausgasemissionen sowie für die Berichterstattung über diese Emissionen und über andere klimaschutzrelevante Informationen auf Ebene der Mitgliedstaaten und der Union und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 280/2004/EG

3.2 Einbeziehung der Quellgruppe LULUCF in Klimaschutzstrategien

3.2.1 LULUCF Anrechnungsregeln für KP2 (Entscheidung 2/CMP.7)

Im Zuge der Übereinkunft der Staatengemeinschaft für die Aufnahme einer neuen Verhandlungsrunde für ein internationales Klimaschutzregime für die Zeit nach 2012, welche mit der „Bali Roadmap“ auf der Vertragsstaatenkonferenz Ende 2007 in Bali (COP 13) getroffen wurde, wurden in den darauffolgenden vier Jahren auch die für den LULUCF Sektor unter dem Kyoto-Protokoll (KP) geltenden technischen Regeln neu verhandelt. Im Kern fokussierte die Diskussion auf folgende Inhalte:

- Allgemeine Anrechnungsmodalität für den LULUCF Sektor
- Aufnahme neuer Aktivitäten
- Ausgestaltung spezifischer Regeln, welche einzelne Aktivitäten betreffen

Ursprünglich war vorgesehen, die neuen technischen Regeln für den Bereich LULUCF im Rahmen eines neuen umfassenden Abkommens auf der 15. Vertragsstaatenkonferenz in Kopenhagen in 2009 zu verabschieden. Hier gelang es der Staatengemeinschaft jedoch lediglich, sich mit dem „Copenhagen Accord“ auf einen Minimalkonsens zu einigen, welcher keine formale Entscheidung über die Ausgestaltung der internationalen Klimapolitik nach 2012 beinhaltete. Erst auf der 17. Vertragsstaatenkonferenz im südafrikanischen Durban gelang eine Einigung über die Fortsetzung des Kyoto-Protokolls, sowie über die Aufnahme von Verhandlungen für ein umfassendes Abkommen bis zum Jahr 2015, welches alle großen THG-Emittentenländer einschließen soll. Neben dem formulierten Ziel, die globalen Emissionen bis zum Jahr 2020 um 20 bis 40 % gegenüber 1990 zu reduzieren, umfasst die Entscheidung auch die Verabschiedung von neuen technischen Regeln zur THG-Bilanzierung im LULUCF Sektor (Entscheidung 2/CMP.7), was als Voraussetzung für die Verabschiedung einer zweiten Verpflichtungsperiode (VP) angesehen worden war.

Wesentliche Änderungen der Anrechnungsregeln für den LULUCF Sektor gegenüber den Regeln der ersten VP (2008 bis 2012) beinhalten folgende Aspekte:

- Verpflichtende Anrechnung der Waldbewirtschaftung, die bisher nach Art. 3.4 KP freiwillig war,
- Veränderte Regeln für die Anrechnung von Waldbewirtschaftung,
- Verpflichtende Anrechnung von Holzprodukten (bisher nicht berücksichtigt),
- neue Regeln für die Berücksichtigung natürlicher Störungen,
- Beschluss für eine freiwillige Anrechnung von Entwässerung von Feuchtgebieten und Wiedervernässung als Aktivität unter Art. 3.4.

Die Anrechnungsregeln für die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen verändern sich nicht gegenüber der ersten Verpflichtungsperiode und bleiben weiterhin freiwillig. Unter der Bedingung, dass methodische Fragen zur Datenerhebung zufriedenstellend geklärt werden, befürwortet eine Mehrzahl von Staaten aber mittelfristig eine verpflichtende Anrechnung. Deutschland hat in der ersten Verpflichtungsperiode keinen Gebrauch von der freiwilligen Anrechnung von Aktivitäten im Bereich der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen gemacht.

Die **Anrechnung der Aktivität Waldbewirtschaftung wird künftig verpflichtend** für alle Vertragsstaaten des KP. In der ersten VP konnten die Länder noch wählen, ob die CO_2-Bilanz der Waldbewirtschaftung, welche in Art. 3.4 des Protokolls geregelt ist, einbezogen wird. Für Länder, wie beispielsweise Deutschland, die von dieser Möglichkeit bereits Gebrauch machen und die CO_2-Bilanz des bewirtschafteten Waldes anrechnen, wäre laut Kyoto-Protokoll eine weitere Fortführung dieser Aktivität bereits vor Abschluss der neuen Regeln verbindlich geblieben, sofern auch weiterhin ein internationales Klimaschutzregime über KP VP1 hinaus existiert. Insofern bedeutet diese neue Regel keine Veränderung für Deutschland.

Für die Berechnung der CO_2-Bilanz der Waldbewirtschaftung (Art. 3.4 KP) wurde zudem **eine veränderte Anrechnungsmethode** beschlossen. Während in der ersten VP die absolute durchschnittliche Änderung der Höhe der Netto-Emissionen Basis für die Anrechnung ist, werden die tatsächlichen Netto-Emissionen in der zweiten VP ab dem Jahr 2013 mit einem zuvor festgelegten Referenzwert verglichen, und die Differenz aus diesem Vergleich geht in die Anrechnung ein. Entscheidend in der ersten VP ist also der während des Zeitraums von 2008 bis 2012 auf Basis von Kohlenstoffvorratsänderungen ermittelte absolute Durchschnittswert der Änderung der Höhe der Emissionen bzw. die Senkenwirkung. Diese Methode wird als Brutto-Netto Methode (gross-net) bezeichnet, wobei aber der jeweilige Beitrag durch länderspezifische Anrechnungsgrenzen gedeckelt wurde. Für Deutschland liegt diese ausgehandelte Grenze bei 1,24 Mio. t CO_2 im Jahr.

Im Unterschied hierzu wird der ermittelte Beitrag der Waldbewirtschaftung zur Anrechnung in der zweiten VP mit den Referenzwerten verrechnet, die jedes Annex I Land auf Basis der Beschlüsse der Vertragsstaatenkonferenz in Cancún im Jahr 2010 auf Basis historischer Informationen ermitteln sollte (Decision 2/CMP.6, UNFCCC, 2011a), und die mit der Entscheidung 2/CMP.7 vertraglich festgelegt wurden. Die länderspezifischen Referenzniveaus (reference level) geben den zukünftig erwartbaren durchschnittlichen Beitrag der Waldbewirtschaftung zur jährlichen CO_2-Bilanz während der VP wider, sofern das Referenzniveau projiziert wurde. Um zusätzlich die Umweltintegrität zu stärken wurde neben dem projizierten Referenzniveau als Referenz für Gut- und Lastschriften eine Anrechnungsgrenze in Höhe von 3,5 % der Emissionen im Basisjahr 1990 auf potentielle Gutschriften festgelegt. Die Lastschriften, die im Fall einer Verschlechterung gegenüber der Referenz anfallen, werden nach der gefundenen Regelung hingegen nicht gedeckelt. Die Mehrzahl der Länder, wie auch Deutschland, ermittelten den Wert mithilfe von Informatio-

nen zum Aufbau ihrer Wälder (Baumarten, Altersklassen, etc.) und dem erwarteten Nutzungsregime und hinterlegten den Wert als sogenannte „business as usual“ Projektion[4]. Die von den Staaten gemeldeten Daten waren zuvor im Rahmen einer umfassenden Prüfung durch unabhängige Experten im Auftrag des Klimasekretariats auf ihre Plausibilität und Konsistenz hinsichtlich der zugrundeliegenden Annahmen begutachtet worden (UNFCCC, 2011c). Sofern sich noch vor der Verpflichtungsperiode in den Ländern eine verbesserte Datenlage ergibt (z. B. auf Basis neuer Ergebnisse aus Waldinventuren), die eine Verbesserung bzw. Justierung der gewählten Referenzwerte ermöglichen, sehen die Anrechnungsregeln die Möglichkeit einer technischen Korrektur vor.

Mit der Entscheidung 2/CMP.7 wurde ebenfalls die **Anrechnung von Holzprodukten** beschlossen, deren Beitrag zur CO_2-Bilanz in der ersten VP, ebenso wie in der Treibhausgasberichterstattung (s. Kap 3.2.3), nicht berücksichtigt wurde. Danach werden Holzprodukte als weiterer Kohlenstoffspeicher definiert. Mit der Anrechnung der Produktgruppen Schnittholz, Holzwerkstoffe und Papier wird das Ziel verfolgt, die Dynamik der Emissionen des Sektors besser zu erfassen und die mit der stofflichen Holznutzung verbundenen positiven Substitutionseffekte auch in der nationalen Klimapolitik berücksichtigen zu können (vgl. Albrecht et al., 2008; Gustavsson et al., 2006). Neben der Festlegung auf methodische Aspekte, die bereits in Kapitel 2.3.3 beschrieben wurden, legt die Entscheidung fest, dass nur Produkte berücksichtigt werden dürfen, deren Rohstoff aus Wäldern stammt, deren CO_2-Bilanz ebenfalls unter Artikel 3.3 und 3.4 KP angerechnet werden (Annex I Staaten). Holz aus Entwaldung (Landnutzungsänderung) und importiertes Holz aus ist aus Gründen der Umweltintegrität von der Anrechnung ausgeschlossen. Holz, das zur Energiegewinnung eingesetzt wird (z. B. Pellets) und Holz, welches in Deponien verbracht wird, wird ebenfalls nicht berücksichtigt. Da der Großteil des Holzes in der Regel aus bewirtschafteten Wäldern stammt, welche nach KP unter den Artikel 3.4 in der Anrechnung fallen, wurden im Zuge der Festlegung der Länder auf ein Referenzniveau auch für den Produktspeicher entsprechende Werte festgelegt, die auf Konsistenz zu den Annahmen über den zukünftigen Holzeinschlag geprüft wurden (Rüter 2011a).

Weiterhin vereinbarte die Staatengemeinschaft, dass **natürliche Störungen in der Anrechnung der Waldbewirtschaftung** unter definierten Umständen ausgeschlossen werden können. Dies bedeutet, dass Staaten für die z. B. mit Waldbränden verbundenen Emissionen nicht die volle Verantwortung übernehmen müssen, nur für einen vom Menschen direkt verursachten Anteil. Speziell für Länder, deren LULUCF- bzw. Forst- und Holzsektor einen erheblichen Anteil an den nationalen Emissionen ausmacht, ist die Umsetzung dieser Regel von großer Bedeutung, da eine verpflichtende Anrechnung der Waldbewirtschaftung ohne diese Regelung ein hohes Erfüllungsrisiko für die Erreichung der nationalen Emissionsreduktionsziele darstellen kann. Diese Regel umfasst darüber hinaus Sicherheitsstandards, um potentiell unberechtigte Gutschriften aus der Einbeziehung von natürlichen Störungen zu vermeiden.

[4] Weitere Informationen unter http://unfccc.int/bodies/awg-kp/items/5896.php

Als weitere wesentliche Änderung der Regeln der beschlossenen 2. Verpflichtungsperiode ist die Aufnahme der **neuen Aktivität Entwässerung von Feuchtgebieten und Wiedervernässung** zu nennen. Für die Anrechnung der unter diese Kategorie fallenden Praktiken, welche laut Definition auf organischen Böden und einer Mindestfläche von 1 ha seit 1990 stattfinden sollen, wurden bis zur Erstellung dieses Berichtes allerdings noch keine Berechnungsregeln durch den Weltklimarat IPCC zur Verfügung gestellt.

Aktivitäten zu Entwässerung von Feuchtgebieten und Wiedervernässung können auch auf Flächen stattfinden, die bislang – auch in der Berichterstattung – unter die Kategorien Ackerland, Grünland oder Waldbewirtschaftung fallen. Für die Berechnung der mit diesen Aktivitäten verbundenen Emissionen und für die Abgrenzung zwischen den Flächennutzungskategorien müssen noch geeignete Methoden zusammengestellt werden. Auch für die anderen, oben genannten Neuerungen müssen die methodischen Grundlagen überarbeitet oder neu erstellt werden. An den Arbeiten hierzu hat IPCC bereits im Jahr 2008 begonnen und setzt diese mit der Entscheidung 2/CMP.7 von Durban auf Einladung der Vertragsstaaten fort (IPCC, 2011; UNFCCC, 2011b). Die überarbeiteten Berichterstattungs-Richtlinien sollen im Herbst 2013 von IPCC und anschließend von der Vertragsstaatenkonferenz verabschiedet werden.

3.2.2 Beschluss 529/2013/EU über Anrechnungsvorschriften und Aktivitäten im Sektor LULUCF[5]

Mit einer Entscheidung des Europäischen Parlamentes und des Rates der Europäischen Union im Jahr 2009 hat sich die EU mittelfristig dazu verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis 2020 um 20 % unter die Werte von 1990 zu senken (Lastenteilungsentscheidung, EU, 2009). Der LULUCF Sektor, als letzter großer Sektor ohne gemeinsame EU-weite Vorschriften, fällt nicht unter diese Verpflichtung. Mit dem Beschluss Nr. 529/2013/EU vom 21. Mai 2013 über „die Anrechnung und Verbuchung von Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen infolge von Tätigkeiten im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft und über Informationen zu Maßnahmen in Zusammenhang mit derartigen Tätigkeiten“ (im Folgenden als LULUCF-VO bezeichnet) hat die Kommission im Frühjahr 2013 einen verbindlichen Rahmen zur Anrechnung von Treibhausgasen im Sektor LULUCF für den Anrechnungszeitraum 1. Januar 2013 bis 31. Dezember 2020 (2. VP KP) geschaffen (EU Kommission 2013).

Mit dem Beschluss zielt die EU darauf ab, in einheitliche und umfassende Berechnungsvorschriften im Bereich LULUCF auf Basis der unter dem Dach des UNFCCC gefundenen Regeln festzulegen. Aufgrund der Tatsache, dass die bisher vorliegenden Kenntnisse über Emissionstrends und

[5] BESCHLUSS Nr. 529/2013/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Mai 2013 über die Anrechnung und Verbuchung von Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen infolge von Tätigkeiten im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft und über Informationen zu Maßnahmen in Zusammenhang mit derartigen Tätigkeiten

Klimaschutzpotenziale im Bereich LULUCF nicht ausreichend sind, um diese in gleicher Weise wie die anderen Sektoren in die EU-Klimaschutzinstrumente einzubeziehen, erscheint es sinnvoll, die LULUCF Regeln im Rahmen einer europäischen Verordnung über diesen Ansatz umzusetzen. Eine mögliche Anrechnung des LULUCF-Sektors auf rechtlich festgelegte EU-Klimaschutzziele ist auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse erst in einem zweiten Schritt für die Zeit nach dem Jahr 2020 vorgesehen. Einerseits wird die Integrität der in der Lastenteilungsentscheidung (EU, 2009) festgelegten Reduktionsziele für die anderen THG-Quellgruppen dadurch gewahrt, dass Klimaschutzleistungen im LULUCF-Bereich nicht auf diese festgelegten Ziele angerechnet werden dürfen. Andererseits soll die Einbeziehung des LULUCF-Sektors in die Klimaschutzstrategien der Mitgliedstaaten dazu beitragen, die Klimaschutzleistungen zu verbessern und negative Auswirkungen anderer Klimaschutzmaßnahmen auf den Bereich LULUCF zu begrenzen. Dazu sollen die EU-Mitgliedstaaten für die Zeit von 2013 bis 2020 Informationen über für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen im Bereich LULUCF zusammenstellen. Die EU-Kommission setzt für den LULUCF-Sektor damit auf freiwillige Handlungen der EU-Mitgliedstaaten.

Neben allgemeinen Anrechnungsvorschriften (Art. 4) beinhaltet der Beschluss spezifische Anrechnungsvorschriften für die Aufforstung, Wiederaufforstung und Entwaldung (Art. 5), für die Waldbewirtschaftung (Art. 6), für Holzprodukte (HWP) (Art. 7), für die Ackerbewirtschaftung, die Weidebewirtschaftung, die Rekultivierung sowie die Entwässerung von Feuchtgebieten und Wiedervernässung (Art. 8) und natürliche Störungen (Art. 9). In Art. 10 werden Anforderungen an die zu erstellenden Informationen zu LULUCF-Aktionen der EU-Mitgliedstaaten festgelegt. Details dazu liegen noch nicht vor.

Der Beschluss deckt sich mit den Anforderungen des Kyoto-Protokolls für die im Kyoto-Protokoll angerechneten Aktivitäten. Zusätzliche Anforderungen für Deutschland sind v. a. in den Bereichen Ackerbewirtschaftung und Weidebewirtschaftung zu erwarten. Die Aktivitäten Rekultivierung sowie die Entwässerung von Feuchtgebieten und Wiedervernässung sind freiwillig und beziehen sich nur auf Flächen, die nicht in den anderen Aktivitäten berücksichtigt sind (v. a. Siedlungsflächen und Feuchtgebiete). Hier ist zu prüfen, ob sie für Deutschland von Interesse sind.

3.3 Integration von Klimaschutzzielen in die Gemeinsame Agrarpolitik der EU

Klimaschutzziele in den Beschlüssen zum Health Check

Im Rahmen der Beschlüsse zum sogenannten „Gesundheitschecks“ (Health Check) der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) wurden Ende 2008 „neue Herausforderungen“ für den Europäischen Landwirtschaftsfonds zur Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) formuliert (vgl. Tietz, 2010). Im Einzelnen sind dies der Klimawandel (Verringerung der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft und Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel), erneuerbare Energien, Wassermanagement, Biodiversität und die Umstrukturierung des Milchsektors. Durch eine zusätzliche Kürzung der Direktzahlungen in der ersten Säule in den Jahren 2010 bis 2013, die

Nutzung von ungenutzten Restmitteln und mithilfe des Europäischen Konjunkturprogramms wurden die ELER-Mittel in Deutschland im Förderzeitraum bis 2013 um insgesamt ca. 940 Mio. € aufgestockt. Die aus der Kürzung der Direktzahlungen stammenden Modulationsmittel mussten dabei für die neuen Herausforderungen eingesetzt werden Dabei konnten auch bereits laufende Maßnahmen auf die Ziele angerechnet werden. Daraufhin haben die deutschen Länder im Laufe des Jahres 2009 ihre Entwicklungspläne überarbeitet. 19 % der Mittelplanungen wurden der Herausforderung Klimawandel zugeordnet, mit Maßnahmen aus den Bereichen Beratung (ELER-Code 114), Hochwasserschutz (126), Agrarumweltmaßnahmen (214), Erhaltung des natürlichen Erbes (323) und Leader (413). Gerade bei den Agrarumweltmaßnahmen bestehen Überschneidungen mit den Zielen Biodiversitäts- und Wasserschutz. Der Großteil der Mittelaufstockung wurde in bestehende Maßnahmen gelenkt und nur ca. 24 % für neu programmierte Maßnahmen vorgesehen. In einigen Ländern wurden auch für den Klimaschutz neue Maßnahmen aufgelegt, z. B. in der Beratung.

Klimaschutzziele in den Legislativvorschlägen zur GAP 2014 bis 2020

Die EU-Kommission verfolgt das Ziel, Klimaschutzmaßnahmen als Priorität im mehrjährigen Finanzrahmen für die Periode 2014 bis 2020 zu verankern. Nach Vorschlag der Kommission soll ein Anteil von mindestens 20 % des EU-Budgets für „Klima-bezogene“ Maßnahmen verwendet werden[6]. Dies erfordert die Integration von klimapolitischen Zielen in die wichtigsten EU-Programme, so die Kohäsionspolitik, Energie und Transport, Forschung und Innovation sowie die Gemeinsame Agrarpolitik. Da die Kommission sowohl Klimaschutz als auch Anpassung an den Klimawandel unter dieser Priorität subsumiert, dürften keine konkreten Verpflichtungen zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen entstehen. Zu erwarten ist aber eine zunehmende Rechenschaftspflicht bezüglich der Verwendung von EU-Mitteln für klimapolitische Ziele. Da auch künftig ein erheblicher Anteil des EU-Haushaltes auf die Finanzierung der Gemeinsamen Agrarpolitik entfallen wird, gilt dies insbesondere auch für die Agrarpolitik.

Die Kommission hat in ihren Legislativvorschlägen als Ziel der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) bis 2020[7] neben einer rentablen Nahrungsmittelerzeugung und einer ausgewogenen räumlichen Entwicklung auch die nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und Klimamaßnahmen genannt. Die GAP soll die Strategie „Europa 2020“ unterstützen. In den Erwägungsgründen zu den Legislativvorschlägen (Europäische Kommission, 2011a) werden mit Bezug zur Strategie „Europa 2020“ die klima- und energiepolitischen Ziele sowie die Notwendigkeit besonders hervorgehoben, die Ressourceneffizienz im Agrarsektor u. a. im Rahmen der „Europäischen Innovationspartnerschaft für landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ zu verbessern. Bezüglich des Ziels, künftig 20 % des EU-Budgets für Klimamaßnahmen zu verwenden, sieht es die Kommission als notwendig an, die Wirkungen der GAP auf klimapolitische Ziele einschätzen zu können. Die Reformvorschläge sollen eine stärkere Integration von Klimaschutzzielen in die

[6] Siehe http://ec.europa.eu/clima/policies/finance/budget/index_en.htm

[7] Siehe http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/legal-proposals/index_de.htm

GAP gewährleisten. Die diesbezüglich wichtigsten Reformelemente sind im Folgenden kurz beschrieben (zu den Reformvorschlägen siehe auch Grajewsky (Hrsg.), 2011), zur GAP-Reform und Klimapolitiken siehe Röder et al., 2013). Neu ist, dass künftig alle Elemente der GAP in einem Monitoring- und Evaluierungsrahmen bewertet werden sollen, dabei wird explizit auf „Klimamaßnahmen“ und Treibhausgasemissionen verwiesen (Europäische Kommission, 2011b, Art. 110: Monitoring und Evaluierung der Gemeinsamen Agrarpolitik).

Zahlung für dem Klima- und Umweltschutz förderliche Landbewirtschaftungsmethoden

Aus dem EU-Plafond für Direktzahlungen der ersten Säule der GAP sollen Landwirte künftig 30 % für eine Ökologisierungskomponente („greening“) erhalten, wenn sie bestimmte, dem Klima- und Umweltschutz förderliche Landbewirtschaftungsmethoden einhalten (Europäische Kommission, 2011a). Diese Anforderungen sind nicht Bestandteil von Cross Compliance, im Einzelnen handelt es sich um Anforderungen an die Kulturartenvielfalt im Ackerbau, die Grünlanderhaltung auf Betriebsebene, und ökologische Vorrangflächen („Flächennutzung im Umweltinteresse“). Ende Juni 2013 wurde im sogenannten Trilog zwischen EU-Kommission, Rat und Parlament festgelegt, dass Prämienabzüge bei Nichteinhaltung dieser Bewirtschaftungsmethoden auf das 1,25-fache der Ökologisierungskomponente begrenzt bleiben sollen, dies entspricht 37,5 % der Direktzahlungen. Bei nur teilweiser Nichteinhaltung der greening-Auflagen sollen die Sanktionen voraussichtlich entsprechend geringer ausfallen. Bei Verstößen gegen Cross Compliance-Auflagen können die Prämienabzüge dagegen auf bis zu 100 % der Direktzahlungen steigen. Bei einer Anlastung nur auf Basis von maximal 37,5 % der Direktzahlungen könnten sich mehr Betriebe entscheiden, auf diesen Teil der Zahlungen zu verzichten, um im Gegenzug die geforderten Landbewirtschaftungsmethoden nicht einhalten zu müssen.

Von den drei Anforderungen hat die Grünlanderhaltung auf Betriebsebene die höchste Relevanz für Klimaschutzziele. Die Mitgliedstaaten müssen den Flächenanteil des Grünlands erhalten und müssen eine Abnahme um mehr als 5 % dieses Anteils verhindern. Referenz sind die im Jahr 2012 im Beihilfeantrag als Dauergrünland gemeldeten Flächen plus der im Jahr 2015 hinzu kommenden FlächenDarüber hinaus wurde im Juni 2013 festgelegt, dass für Grünlandflächen in Natura-2000-Gebieten ein flächenspezifischer Schutz vor Umwandlung bestehen soll. Die Mitgliedstaaten können einen flächenspezifischen Schutz auch für weitere Grünlandflächen erlassen, insbesondere auf kohlenstoffreichen Böden. Die Kohlenstoffvorräte von Grünlandflächen sind i. d. R. höher als bei Ackernutzung derselben Standorte. Die Erhaltung des Grünlands gewährleistet daher, dass die höheren Kohlenstoffvorräte bewahrt bleiben. Wird Grünland in Ackerland umgewandelt, verringert sich der Kohlenstoffvorrat im Boden sehr schnell, während die Kohlenstoffanreicherung nach Grünlandeinsaat auf Ackerflächen wesentlich langsamer erfolgt. Deshalb ist die langfristige Erhaltung von Dauergrünlandflächen wichtig.

Nach den derzeit bestehenden Cross Compliance-Regeln ist die Grünlandumwandlung auf betrieblicher Ebene nur in den Ländern Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein genehmigungspflichtig, in Mecklenburg-Vorpommern wurde die Erhaltungsverordnung wieder aufgehoben. In diesen Ländern kann eine Umwandlung nur bei Grünland-

neueinsaat auf Ersatzflächen oder in Härtefällen genehmigt werden. Die Grünlanderhaltung nach Cross Compliance soll noch bis Ende 2016 fortgeschrieben werden. In den anderen Ländern besteht über Cross Compliance der Grünlandschutz nur auf bestimmten, gesetzlich geschützten Flächen.

Bei der Etablierung von ökologischen Vorrangflächen auf 7 % der beihilfefähigen Flächen, ausgenommen Dauergrünland, stehen Biodiversitätsziele im Vordergrund. Von der Extensivierung oder Stilllegung von Ackerflächen können positive Nebeneffekte auf den Klimaschutz ausgehen, etwa im Fall einer Stilllegung und ggf. auch Vernässung feuchter Standorte mit erhöhten Kohlenstoffvorräten. Nicht ausgeschlossen ist allerdings, dass Betriebe von der Flexibilität für die Grünlandumwandlung Gebrauch machen, um umgebrochene Grünlandflächen als ökologischen Vorrangflächen auf Ackerland anzumelden. Die Anforderungen an die Kulturartenvielfalt im Ackerbau lassen keine wesentliche, zielgerichtete Wirkung auf den Klimaschutz erwarten.

Cross Compliance

Die Erhaltung des Grünlandanteils auf Landesebene nach derzeit geltender Cross-Compliance-Regelung entfällt nach einer Übergangszeit im Jahr 2017 und wird durch die ab 2015 geltende betriebliche Anforderung zur Grünlanderhaltung in der Ökologisierungskomponente ersetzt. Der flächenspezifische Schutz wertvoller Grünlandflächen, die durch die Mitgliedstaaten definiert werden, entfällt als Cross Compliance-Anforderung ab 2014. In Deutschland sind nach dieser Regelung seit 2011 Grünlandumwandlungen in rechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten, in naturschutzrechtlich geschützten Biotopen und in Naturschutzgebieten mit Grünlandschutzauflagen Cross-Compliance-relevant. Mit der GAP-Reform wird die Umsetzung eines flächenspezifischen Grünlandschutzes in Natura-2000-Gebieten als Teil der greening-Maßnahmen obligatorisch eingeführt. Darüber hinaus können die Mitgliedstaaten weitere zu schützende Grünlandflächen definieren.

Als neuen Standard für die Erhaltung von Flächen in gutem landwirtschaftlichem und ökologischem Zustand (GLÖZ Nr. 7: Schutz von Feuchtgebieten und kohlenstoffreichen Böden einschließlich eines Erstumbruchverbots) hatte die EU-Kommission vorgeschlagen, ab 2014 ein einzelflächenbezogenes Umwandlungsverbot für Grünland in Feuchtgebieten und auf kohlenstoffreichen Böden einzuführen (Europäische Kommission, 2011b). Im Ergebnis der Trilog-Verhandlungen wurde der GLÖZ-Standard Nr. 7 Ende Juni 2013 jedoch nicht in das Reformpaket übernommen. Der flächenspezifische Schutz von Grünlandflächen auf kohlenstoffreichen Böden soll nun als Teil des „greenings“ umgesetzt werden. Obligatorisch für die Mitgliedstaaten wird der auf Einzelflächen bezogene Schutz des Grünlands auf kohlenstoffreiche Böden nur innerhalb von Natura-2000-Schutzgebieten sein. Im Vergleich zu einer Umsetzung als GLÖZ-Standard wird der Einzelflächen-bezogene Schutz von Grünland auf kohlenstoffreichen Böden geschwächt, denn die Implementierung über das „greening“ ist, außer in Natura-2000-Gebieten, für die Mitgliedstaaten freiwillig und die Sanktionen bei Nichteinhaltung fallen gegenüber Cross Compliance deutlich geringer aus.

Für den Klimaschutz sind weitere Elemente von Cross Compliance relevant. Die Verpflichtung zur Erhaltung der organischen Bodensubstanz soll als GLÖZ-Standard Nr. 6 (Erhaltung des Anteils der organischen Substanz im Boden einschließlich des Verbots für das Abbrennen) fortgeschrieben werden. Die betrieblichen Anforderungen gemäß Nitratrichtlinie bleiben als SMR Nr. 1 (statutory management requirement) Bestandteil der Grundanforderungen an die Betriebsführung auf Grundlage von EU-Vorschriften. Die Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG soll zu einem späteren Zeitpunkt in die Liste der SMRs aufgenommen werden, sobald die Richtlinie von allen Mitgliedstaaten umgesetzt wurde und die unmittelbar für die Landwirte geltenden Verpflichtungen feststehen. Beide Richtlinien zielen auf eine Reduzierung der Stickstoffbelastung der Gewässer und weisen durch die damit i. d. R. einhergehende Minderung der Lachgasemissionen Synergien mit dem Klimaschutz auf.

Landwirtschaftliche Betriebsberatung

In ihren Legislativvorschlägen räumt die Kommission der landwirtschaftlichen Betriebsberatung eine besondere Bedeutung ein. Im Entwurf der Verordnung über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem (Europäische Kommission, 2011b) werden die Mitgliedstaaten unter dem Titel III verpflichtet, ein System zur Beratung der Begünstigten in Fragen der Bodenbewirtschaftung und Betriebsführung einzurichten, das durch öffentlich-rechtliche oder privatrechtliche Einrichtungen getragen werden kann. Ziel der Betriebsberatung ist die Beratung der Landwirte zu Cross Compliance, den Auflagen der Ökologisierungskomponente, zu Umweltwirkungen der Landbewirtschaftung, zur nachhaltigen Entwicklung der wirtschaftlichen Tätigkeit und zu Innovationen.

Im Anhang I des genannten Verordnungsentwurfs wird der inhaltliche Mindestumfang der landwirtschaftlichen Betriebsberatung näher definiert. Unter dem Thema „Eindämmung des Klimawandels und Anpassung an seine Folgen“ wird festgelegt, dass die Beratung über die voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels, über die Treibhausgasemissionen infolge der bestimmter Landbewirtschaftungsmethoden sowie über den Beitrag des Agrarsektors zur Eindämmung des Klimawandels durch verbesserte Bewirtschaftungsmethoden in der Landwirtschaft, Agroforstwirtschaft und durch hofeigene Projekte für erneuerbare Energie und zur Verbesserung der Energieeffizienz informieren soll. Beratungsdienste spielen auch im Entwurf zur neuen ELER-Verordnung eine wichtige Rolle (siehe nachfolgender Abschnitt).

Klimaschutzziele in der 2. Säule

Im Entwurf zur neuen ELER-Verordnung (Europäische Kommission, 2011c) wird der Klimaschutz in der fünften von insgesamt sechs EU-Prioritäten für die Entwicklung des ländlichen Raums genannt. In Artikel 5 wird diese Priorität wie folgt definiert:

„(5) Förderung der Ressourceneffizienz und Unterstützung des Agrar-, Ernährungs- und Forstsektors beim Übergang zu einer kohlenstoffarmen und klimaresistenten Wirtschaft mit Schwerpunkt auf den folgenden Bereichen:

(a) Verbesserung der Effizienz der Wassernutzung in der Landwirtschaft;

(b) Verbesserung der Effizienz der Energienutzung in der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelverarbeitung;

(c) Erleichterung der Lieferung und Verwendung von erneuerbaren Energiequellen, von Nebenerzeugnissen, Abfällen, Rückständen und anderen Non-Food-Ausgangserzeugnissen für die Biowirtschaft;

(d) Verringerung der aus der Landwirtschaft stammenden Distickstoffmonoxid und Methanemissionen;

(e) Förderung der CO_2-Bindung in der Land- und Forstwirtschaft;

Alle Prioritäten müssen den übergreifenden Zielsetzungen Innovation, Umweltschutz, Eindämmung des Klimawandels und Anpassung an seine Auswirkungen Rechnung tragen.“

Über die in Anhang IV für die verschiedenen Prioritäten formulierten „Ex-ante-Konditionalitäten für die Entwicklung des ländlichen Raums“ legt die EU-Kommission bestimmte Voraussetzungen für die Genehmigung der Entwicklungsprogramme für den ländlichen Raum fest. Unter Priorität 5 werden für Teilziel 4 „Förderung der Bestrebungen zur Verringerung der CO_2-Emissionen in allen Branchen der Wirtschaft“ die folgenden Erfüllungskriterien genannt:

5.1 THG-Emissionen: *„Der Mitgliedstaat hat der Kommission einen Bericht über die verabschiedeten nationalen Politiken und Maßnahmen gemäß Artikel 3 der Entscheidung Nr. 406/2009/EG in den Jahren 2013-2020 übermittelt.“*

5.2 Energieeffizienz: *„Der Mitgliedstaat hat der Kommission einen Energieeffizienz-Aktionsplan, mit dem die Energiesparmaßnahmen in konkrete und kohärente Maßnahmen umgewandelt werden, gemäß Artikel 14 der Richtlinie 2006/32/EG vorgelegt.“*

5.5 Erneuerbare Energie: *„Der Mitgliedstaat hat einen nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß Artikel 4 der Richtlinie 2009/28/EG verabschiedet.“*

Durch die Ex-ante-Konditionalitäten werden die ELER-Programme über die Erwägungsgründe zur GAP-Reform hinaus auch formal mit der Strategie „Europa 2020“ verknüpft. Inwieweit die Kommission plant, den konkreten, quantifizierbaren Beitrag der ELER-Programme zu den strategischen Zielen der EU zu überprüfen, ist noch offen. In den derzeit diskutierten Vorgaben zum Monitoring und zur Evaluierung der ELER-Programme (Stand: Juni 2012) werden für die Klima-

schutz-relevanten Maßnahmen anspruchsvolle, quantitative „Zielindikatoren“ (*target indicators*) vorgeschlagen:

- Reduktion von Methan- und Lachgasemissionen durch ELER-geförderte Projekte, in Tonnen CO_2-Äquivalenten,
- Land- und Forstwirtschaftsfläche unter Managementverträgen, die zur Erhöhung der Kohlenstoffvorräte beitragen, in Hektar und Prozent der LF und (getrennt) in Hektar und Prozent der Forstfläche,
- Energieeinsparungen im Agrar- und Ernährungssektor in ELER-geförderten Projekten, in Tonnen Öläquivalenten bezogen auf zu definierendes Outputvolumen,
- Produzierte erneuerbare Energien in ELER-geförderten Projekten, in Tonnen Öläquivalenten.

Die ELER-Verordnung bietet eine Vielzahl von Fördermöglichkeiten für Klimaschutzmaßnahmen. Anhang V des Verordnungsentwurfs enthält eine indikative, also nicht abschließende und unverbindliche Liste der Maßnahmen mit Bedeutung für eine oder mehrere der EU-Prioritäten. Unter den Maßnahmen mit Bedeutung für mehrere EU-Prioritäten haben die folgenden besondere Potenziale für den Klimaschutz:

- Artikel 16 Beratungsdienste, Betriebsführungs- und Vertretungsdienste
- Artikel 18 Investitionen in materielle Vermögenswerte
- Artikel 36 Zusammenarbeit

In der Förderung von Beratungsdiensten nach Artikel 16 sind künftig die Beratungsanbieter und nicht mehr die beratenen Unternehmen Zuwendungsempfänger. Dadurch wird die Programmabwicklung deutlich vereinfacht. Künftig sollen auch Gruppenberatungen und Beraterschulungen förderfähig sein. Die Einrichtung von Beratungsdiensten wird im Entwurf für die neue ELER-Verordnung verbindlich festgeschrieben, und zwar in Anhang IV als „ex-ante-Konditionalität“ für das Ziel Wissenstransfer und Innovation in der Land- und Forstwirtschaft und den ländlichen Gebieten (Europäische Kommission, 2011c). Demnach müssen die Mitgliedstaaten eine ausreichende Beratungskapazität sicherstellen, explizit wird dabei auch der Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft genannt.

In die Investitionsförderung gemäß Artikel 18 sind unterschiedliche, produktive und nichtproduktive Investitionen zusammengefasst worden, die in der bisherigen ELER-Verordnung auf verschiedene Schwerpunkte verteilt waren. Investitionen können für den Klimaschutz eine wichtige Rolle spielen, etwa für Energieeinsparung, eine Umstellung auf erneuerbare Energien oder die Verbesserung der Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung. Noch unklar ist, inwieweit künftig eine Förderung von flächenbezogenen Investitionen in Umweltschutzvorhaben möglich sein wird, wie bisher unter ELER-Maßnahme 323 zur Erhaltung des natürlichen Erbes.

Über Artikel 36 soll die Zusammenarbeit zwischen zwei oder mehr Akteuren in der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelkette, die Schaffung von Clustern und Netzwerken sowie die

Schaffung und Tätigkeit operationeller Gruppen der Europäischen Innovationsinitiative (EIP) „Produktivität und Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft“ gemäß Artikel 62 des ELER-VO-Entwurfs gefördert werden. Diese neue Maßnahme beinhaltet u. a. Pilotprojekte, Innovations- und Entwicklungsvorhaben, auch *„gemeinsames Handeln im Hinblick auf die Eindämmung des Klimawandels*“ wird explizit genannt.

Die indikative Liste der Maßnahmen von besonderer Bedeutung für die Wiederherstellung, Erhaltung und Verbesserung der von der Land- und Forstwirtschaft abhängigen Ökosysteme sowie für die Förderung der Ressourceneffizienz und Unterstützung des Agrar-, Ernährungs- und Forstsektors beim Übergang zu einer kohlenstoffarmen und klimaresistenten Wirtschaft enthält die folgenden, flächenbezogenen ELER-Maßnahmen:

- Artikel 22 Investitionen für die Entwicklung von Waldgebieten und Verbesserung der Lebensfähigkeit von Wäldern
- Artikel 23 Aufforstung und Anlage von Wäldern
- Artikel 24 Einrichtung von Agrarforstsystemen
- Artikel 26 Investitionen zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit und des ökologischen Werts der Waldökosysteme
- Artikel 29 Agrarumwelt- und Klimamaßnahme
- Artikel 30 Ökologischer/biologischer Landbau
- Artikel 31 Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und der Wasserrahmenrichtlinie
- Artikel 35 Waldumwelt- und -klimadienstleistungen und Erhaltung der Wälder

Warum die Agrarumweltmaßnahmen um die Bezeichnung „Klimamaßnahme“ erweitert werden sollen, ist nicht klar ersichtlich. Agrarumweltmaßnahmen dienen bisher sehr unterschiedlichen, flächenbezogenen Zielen, etwa im Wasser-, Boden- und Naturschutz, wobei ihre Stärke in der Anpassung an regional- und flächenspezifische Ziele und Bedingungen besteht. Dabei entfalten viele Agrarumweltmaßnahmen auch für den Klimaschutz positive Wirkungen, etwa im Falle einer Verbesserung der N-Düngung. Ob Agrarumweltmaßnahmen im Vergleich zu anderen ELER-Maßnahmen wie Investitionshilfen, Beratung und Innovationsförderung als Instrument besonders für den Klimaschutz geeignet sind, ist allerdings kritisch zu hinterfragen.

Da die bisherigen Vorgaben von Mindestbudgetanteilen für die ELER-Förderschwerpunkte entfallen, haben die Mitgliedstaaten und Regionen künftig mehr Freiheiten, innerhalb der ELER-Programme eigene Schwerpunkte zu setzen. In den Erwägungsgründen zur Verordnung fordert die Kommission zwar in Hinblick auf Klimaschutz, Anpassung und nachhaltige Landnutzung, dass die Mitgliedstaaten wie bisher mindestens 25 % des ELER-Budgets für Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, ökologischen Landbau und Zahlungen in benachteiligten Gebieten verwenden sollen, eine rechtsverbindliche Festlegung ist jedoch nicht vorgesehen.

3.4 Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO_2-armen Wirtschaft bis 2050

Die EU-Kommission hat im März 2011 einen Fahrplan vorgelegt, wie in der EU eine Senkung der THG-Emissionen von 80 bis 95 % gegenüber 1990 erreicht werden kann (KOM (2011) 112 endgültig, „low-carbon 2050 strategy"). Auf Grundlage von modellgestützten Szenarioanalysen hat die Kommission Vorschläge für die mögliche Senkung von Emissionen bis zum Jahr 2050 in den Fahrplan aufgenommen (vgl. Tabelle 3.1). Für die Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft werden gegenüber 1990 Senkungen von 36 bis 37 % bis zum Jahr 2030 und um 42 bis 49 % bis zum Jahr 2050 vorgeschlagen. Aufgrund der begrenzten Möglichkeiten einer Minderung der prozessbedingten N_2O- und CH_4-Emissionen in der Pflanzen- und Tierproduktion bliebe die Landwirtschaft hinter den THG-Emissionssenkungen in anderen Sektoren zurück.

Tabelle 3.1: In der „low-carbon 2050 strategy" vorgesehene THG-Emissionssenkungen gegenüber 1990 in den einzelnen Sektoren auf EU-Ebene

THG-Emissionsverringerung gegenüber 1990	2005	2030	2050
Insgesamt	-7 %	-40 bis -44 %	-79 bis -82 %
Sektoren			
Stromerzeugung (CO_2)	-7 %	-54 bis -68 %	-93 bis -99 %
Industrie (CO_2)	-20 %	-34 bis -40 %	-83 bis -87 %
Verkehr (einschl. CO_2 aus der Luftfahrt, ohne Seeverkehr)	+30 %	+20 bis -9 %	-54 bis -67 %
Wohnen und Dienstleistungen (CO_2)	-12 %	-37 bis -53 %	-88 bis -91 %
Landwirtschaft (Nicht-CO_2)	**-20 %**	**-36 bis -37 %**	**-42 bis -49 %**
Andere Nicht-CO_2–Emissionen	-30 %	-72 bis -73 %	-70 bis -78 %

Quelle: KOM(2011) 112 endgültig, Tabelle 1.

Nach 2030 wird erwartet, dass die Emissionen im Agrarsektor langsamer sinken, da aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung die Nachfrage nach Agrarprodukten ansteigen wird. Wegen der geringeren THG-Minderungen steigt der relative Anteil des Agrarsektors an den Gesamtemissionen, im Jahr 2050 wird dieser Anteil den Berechnungen zufolge etwa 1/3 betragen, der Anteil würde sich gegenüber 2005 verdreifachen.

Wie die ausgewiesenen THG-Reduktionen im Agrarsektor im Einzelnen erreicht werden können, ist auch anhand des Begleitdokuments zur Wirkungsanalyse (SEC(2011) 288 final) und einer Publikation der beteiligten Wissenschaftler des International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) (Höglund-Isaksson et al., 2012) nicht nachvollziehbar. Als THG-Minderungsmaßnahmen in der Landwirtschaft werden u. a. nachhaltige Effizienzsteigerungen wie der effizientere Einsatz von Düngemitteln, bessere Dungbewirtschaftung, bessere Futtermittel, höhere Produktivität bei der Viehhaltung, die Biogasproduktion aus organischem Dung, Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren, die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung von Moorböden (zur Verhinderung damit verbundener N_2O-Emissionen) und die Maximierung der Vorteile einer extensiven Landwirt-

schaft genannt. Auch einige, derzeit noch nicht verfügbare Optionen zur Verringerung der CH_4-Freisetzung aus der Verdauung werden in die Minderungen eingerechnet, so die Rinderzüchtung, genetisch modifizierte Futterpflanzen und Impfungen gegen methanogene Bakterien.

Die Verwendung von biogenen Energieträgern soll sich den Szenarioanalysen zufolge gegenüber 2005 mehr als verdoppeln. In diesem Zusammenhang wird die Bedeutung von weiteren Produktivitätssteigerungen in der Land- und Forstwirtschaft und der Verhinderung von Entwaldung hervorgehoben. Unsicherheiten bestehen aufgrund der weltweit steigenden und sich verändernden Nahrungsmittelnachfrage und bezüglich der Folgen des Klimawandels auf die Produktion. Eine Reihe indirekter Wirkungen auf die THG-Emissionen, beispielsweise bezüglich einer Ausdehnung der Ackerflächen auf Kosten des Grünlands, wurden in den Szenarioanalysen nicht berücksichtigt.

Die EU-Kommission leitet auf Basis des Vorschlags für den Fahrplan bis 2050 Zwischenziele für die Jahre 2020, 2030 und 2040 ab. Die „low-carbon 2050 strategy“ wurde bereits in verschiedenen Ratstagungen zur Umweltpolitik debattiert, wobei sich bisher noch keine Entscheidung abzeichnet[8]. Im Rahmen eines Ratsbeschlusses zum Fahrplan könnten sektorbezogene THG-Minderungsziele festgelegt werden, die künftig einen zunehmend verpflichtenden Charakter annehmen würden.

[8] Vgl. Ergebnisse der EU-Ratstagung (Umwelt) vom 11. Juni 2012 in Luxemburg, Stand: 31.07.2012, https://www.bmu.de/europa_und_umwelt/ratstagungen_der_eu/umwelt/doc/49026.php

4 Überblick über Aktivitäten von Bund und Ländern

In diesem Kapitel werden Klimaschutzprogramme und -strategien im Bereich der Land-, Forst- und Holzwirtschaft sowie der Bioenergien auf Bundes- und Landesebene dargestellt und hinsichtlich der enthalten Maßnahmen und Zielsetzungen analysiert. Die Zusammenstellung basiert auf einer Internet- und Dokumentenanalyse zu Klimaschutz und erneuerbaren Energien sowie einer Befragung von Klimaschutzbeauftragten der Länderagrarministerien. Des Weiteren wurden ELER-Programme der Länder und ELER-Halbzeitbewertungen bezüglich der Aussagen zur Klimaschutzwirkung von Fördermaßnahmen ausgewertet. Während für die Bundesländer möglichst aktuelle Dokumente herangezogen wurden, werden für die Bundesebene auch ältere Klimaschutzberichte und -programme einbezogen. Bund und Länder fördern eine Vielzahl von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und Innovationsprojekte mit Bezug zum Klimaschutz, die in diesem Bericht aber nicht umfassend dargestellt und bewertet werden können.

4.1 Programme und Maßnahmen zum Klimaschutz auf Bundesebene

Im Folgenden werden Klimaschutzberichte und relevante Programme der Bundesregierung und der Bundesministerien mit Aussagen zu Klimaschutzmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft und zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse chronologisch aufgeführt und ihre Inhalte kurz beschrieben. Das Unterkapitel schließt mit einem Fazit.

4.1.1 Klimaschutzberichte und relevante Programme

Klimaschutz in Deutschland. Zweiter Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderung (BMU, April 1997)

In diesem Bericht werden Klimaschutzmaßnahmen in sehr allgemeiner Form und ohne Quantifizierung der erwarteten Wirkungen aufgezählt. Genannt werden u. a. Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben sowie Modellprojekte zur Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe verwiesen, die im Oktober 1993 ihre Arbeit aufgenommen hat. Darüber hinaus wird auf die landwirtschaftliche Flächenstilllegung, die Förderung von extensiven landwirtschaftlichen Produktionsweisen über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) und die im Jahr 1996 erlassene Düngeverordnung verwiesen. Für den Forstbereich werden die Erhaltung bestehender Wälder, die Förderung der Erstaufforstung sowie waldbauliche Maßnahmen aufgeführt.

Nationales Klimaschutzprogramm der Bundesregierung. Fünfter Bericht des Arbeitskreises V „Land- und Forstwirtschaft“ der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO_2-Reduktion“, 18. Oktober 2000

Dieser Bericht hebt die Potenziale zur Minderung der N_2O-Emissionen durch Verbesserung der N-Ausnutzung, durch weiteren Züchtungsfortschritt, Verbesserung der Düngemittel und deren Anwendung sowie gegebenenfalls durch Änderung der Düngeverordnung hervor. Zur Minderung der landwirtschaftlichen CH_4-Emissionen sollte die Biogasgewinnung aus Rinder- und Schweinegülle ausgeweitet werden. Dadurch sollen bis 2010 ca. 3 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ vermieden werden. Der Beitrag von Extensivierungsmaßnahmen zum Klimaschutz wird aufgrund möglicher Verlagerungen der Produktion ins Ausland kritisch gesehen. Weiterhin wird in allgemeiner Form auf die Bereitstellung von Biomasse für energetische und stoffliche Nutzung, die Minderung von landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen, auf übergreifende agrarpolitische Maßnahmen (z. B. Agrarumweltmaßnahmen, Förderung des ökologischen Landbaus, Agrarinvestitionsförderung und Beratung) und Beiträge der Forstpolitik verwiesen.

Dritter Nationalbericht zum Klimaschutz (BMU, 2002)

In diesem Bericht wird die Substitution fossiler Energieträger durch biogene Energieträger in den Mittelpunkt gerückt, die im Zeitraum von 2008-2012 zu jährlichen Einsparungen von jährlich 40 Mio. t $CO_{2\text{-äqu.}}$ beitragen soll. Als Maßnahmen genannt werden die Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekten über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, höhere Vergütungssätze im Erneuerbare-Energien-Gesetz, das seit 1993 laufende Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien zur Förderung von Bioenergieanlagen zur Wärme- und Stromgewinnung mit jährlich zweistelligen Millionenbeträgen, sowie das Markteinführungsprogramm „Biogene Treib- und Schmierstoffe“ des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft mit jährlich rund 10 Mio. € Fördermitteln. Weitere Beiträge werden von steigenden Flächenanteilen des ökologischen Landbaus und anderer extensiver landwirtschaftlicher Produktionsverfahren erwartet. Die Umsetzung der Düngeverordnung soll bis zum Jahr 2005 gegenüber 1990 durch Vermeidung von N_2O-Emissionen zu THG-Einsparungen in Höhe von jährlich 2,1 Mio. t $CO_{2\text{-äqu.}}$ führen. Im Forstbereich soll durch Aufforstung und Erhaltung von Wäldern Kohlenstoff im Umfang von jährlich 30 Mio. t $CO_{2\text{-äqu.}}$ festgelegt werden.

Nationales Klimaschutzprogramm 2005. Sechster Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO_2-Reduktion“

Auch in diesem Bericht stellt der Ausbau erneuerbarer Energien aus landwirtschaftlich erzeugter Biomasse eine zentrale Klimaschutzmaßnahme dar. Neben der Biogasproduktion wird die starke Ausweitung der Biodiesel- und Bioethanolverwendung genannt, die durch die Befreiung von der Mineralölsteuer begünstigt wurde. In elf von 13 Flächenländern stellt die Förderung nachwachsender Rohstoffe einen Schwerpunkt in den klimaschutzpolitischen Länderprogrammen dar. Von der Entkopplung der Direktzahlungen durch die Reform der EU-Agrarpolitik werden eine Extensivierung der Produktion und ein Rückgang des Düngemitteleinsatzes sowie der Rinderbestände erwartet. Als weitere Maßnahmen werden die Förderung des ökologischen Landbaus, Agrarum-

weltmaßnahmen (Extensivierung) und Agrarinvestitionsförderung (Biogasanlagen, Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger, Energieeinsparung) genannt. Verwiesen wird auch auf den Schutz des Grünlands auf bestimmten Standorten durch das Bundesnaturschutzgesetz. In der Forstpolitik stehen der Schutz der bestehenden Wälder, die Erstaufforstung und die „Charta für Holz“ im Mittepunkt, mit der die Bundesregierung den Holzverbrauch innerhalb von zehn Jahren um 20 Prozent steigern will. Dadurch soll mehr Kohlenstoff in langlebigen Produkten festgelegt und energieintensiv mittels fossiler Energien erzeugte Rohstoffe wie Beton, Stahl oder Kunststoffe substituiert werden.

Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm (IEKP, BMWi und BMU, 2007)

Die Meseberger Beschlüsse legen Eckpunkte für die deutsche Klimaschutzstrategie bis zum Jahr 2020 und damit den Fahrplan zur Umsetzung des Klima- und Energiepakets der EU in Deutschland fest. Durch die Umsetzung der beschlossenen Maßnahmen soll bis zum Jahr 2020 eine Reduktion der THG-Emissionen um über 34 % gegenüber 1990 erreicht werden. Maßnahmenschwerpunkte bilden der Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich sowie Förderprogramme für Klimaschutz und Energieeffizienz. Bezüge zur Land- und Forstwirtschaft bestehen bei den folgenden Maßnahmen:

IEKP-Maßnahme 9 Biogaseinspeisung: Bis zum Jahr 2020 sollen 6 % des derzeitigen Erdgasverbrauchs aus Biogas stammen, bis 2030 ist ein Potenzial von 10 % erreichbar. Dafür soll die Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz erleichtert werden, Biogas soll verstärkt in der Kraft-Wärme-Kopplung und als Kraftstoff eingesetzt werden. Bei Biogasproduktion aus Silomais werden nach Einschätzungen des Thünen-Instituts bis 2020 über 1,2 Mio. ha zusätzliche Fläche benötigt.

IEKP-Maßnahme 17 Ausbau von Biokraftstoffen: Der Anteil der Biokraftstoffe soll bis 2020 auf etwa 20 Volumenprozent steigen, dies entspricht einem energetischen Anteil von 17%. Die Biotreibstoffe sollen Mindestanforderungen an die nachhaltige Erzeugung und die THG-Einsparung erfüllen.

IEKP-Maßnahme 25 Energieforschung und Innovation: Stärkung der Forschung zur energetischen Nutzung der Biomasse als Teil der Hightech-Strategie für Deutschland. Teil der Aktivitäten ist die Schaffung des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ). Das BMELV stellt von 2008 bis 2011 bis zu 45 Mio. € für die Bioenergieforschung zur Verfügung.

Fördermaßnahmen aus dem Bundeshaushalt: Das BMELV plant eine Förderung von Wärmeleitungen/Wärmenetzen im Rahmen der GAK, um die Nutzung erneuerbarer Energien in die Dorf- und Regionalentwicklungsplanung einzubinden.

Förderprogramm für Klimaschutz und Energieeffizienz (außerhalb von Gebäuden): BMELV plant ab dem Jahr 2008 die Förderung der Energieberatung im Bereich der Land- und Forstwirtschaft und im Gartenbau im Rahmen der GAK. Weiterhin wird auf das Bundesprogramm „Energieeffizienz Landwirtschaft und Gartenbau“ verwiesen, das zur Einsparung von fossilen Heizstoffen insbesondere im Unterglasgartenbau beitragen soll. Seit dem Jahr 2009 stehen über eine Laufzeit von vier Jahren 28 Mio. € aus Mitteln der nationalen Klimaschutzinitiative bereit.

Die Meseberger Beschlüsse enthalten keine Aussagen zu Klimaschutzmaßnahmen zur Senkung landwirtschaftlicher N_2O- und CH_4-Emissionen oder zur stofflichen Verwendung von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen. Emissionen aus dem LULUCF-Sektor werden nur bezüglich direkter Landnutzungseffekte der Biotreibstoffproduktion betrachtet, die durch Nachhaltigkeitszertifizierung beschränkt werden sollen.

Bericht des BMELV für einen aktiven Klimaschutz der Agrar- und Ernährungswirtschaft und zur Anpassung der Agrarwirtschaft an den Klimawandel (Bericht an die Agrarministerkonferenz, September 2008)

In dem Bericht werden vor dem Hintergrund der Meseberger Beschlüsse Klimaschutzmaßnahmen für die Agrar- und Ernährungswirtschaft beschrieben. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Anpassung an den Klimawandel. Genannt wird der Schutz von Kohlenstoffspeichern (Grünland, Moorböden), die Optimierung der N-Düngung, Kaskadennutzung der Biomasse, Energieeinsparungen, die Erarbeitung von Beispielen zur Optimierung der Emissionen pro Produkteinheit, Anpassung des Wassermanagements und die Information über gesundheitsfördernde Ernährung und nachhaltigen Konsum. Eine Festlegung von Handlungsschwerpunkten und Zielen auf Grundlage des Berichts ist nicht erfolgt.

Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe (BMELV, August 2009)

Der Aktionsplan betont die Potenziale der stofflichen Nutzung z. B. im Holzbau, in der Papierindustrie oder der industriellen Biotechnologie für den Klimaschutz, die Einsparung fossiler Ressourcen, zur Sicherung der Rohstoffversorgung und für Wertschöpfung und Beschäftigung. Als Aktivitäten werden Forschung und Entwicklung, Information und Beratung sowie der Abbau von Markthemmnissen z. B. im Bausektor genannt. CO_2-Emissionen und Energieverbrauch von Baustoffen sollten z. B. beim Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen berücksichtigt werden, und das öffentliche Auftragswesen kann über den Vorbild- und Vorreitereffekt zur Marktentwicklung beitragen.

Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Bundesrepublik Deutschland, August 2010) sowie Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung (BMELV und BMU, September 2010)

Zur Erfüllung der Zielvorgaben der Meseberger Beschlüsse soll der Anteil der Bioenergie am Primärenergiebedarf bis 2020 gegenüber 2007 von ca. 792 Petajoule (PJ) auf 1.309 PJ steigern, d. h. um 65 %. Um Nutzungskonflikte zu begrenzen, sollen bisher ungenutzte Biomassepotenziale erschlossen werden, z. B. im Wald, und Biomasse soll nachhaltig erzeugt werden. Die Steigerung der energetischen Biomassenutzung wird voraussichtlich auch aus Import-Biomasse gedeckt werden. Im nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energie werden Biotreibstoff- und Holzimporte für besonders wahrscheinlich gehalten. Nutzungskonkurrenzen mit stofflichen Verwen-

dungen sollen möglichst vermieden werden, und einer stofflichen Nutzung sowie der Kaskadennutzung ist Vorrang einzuräumen. Konkrete Instrumente hierfür werden nicht benannt.

Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2011 bis 2014 (BMELV, Juni 2011)

Der Rahmenplan enthält einige klimaschutzrelevante Maßnahmen, dazu zählen einzelbetrieblichen Beratungsmaßnahmen für landwirtschaftliche Betriebe in Bezug auf den Klimawandel und zur Verbesserung der Energieeffizienz, eine neue Agrarumweltmaßnahme zum Verzicht auf den Umbruch bei der Erneuerung des betrieblichen Dauergrünlandes und die Förderung der Aufforstung. Biogasanlagen werden aus Mitteln der Investitionsförderung zur Diversifizierung nur dann gefördert, wenn Gärrestelagerbehälter gasdicht abgedeckt sind, damit keine Treibhausgase emittieren.

Waldstrategie 2020. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung. (BMELV, November 2011)

Ziele der Waldstrategie 2020 sind unter anderem Klimaschutz und Klimaanpassung sowie die Förderung der Verwendung von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft zur Substitution energieintensiver Materialien mit nachteiliger Öko- und CO_2-Bilanz. Der Wald soll als CO_2-Senke erhalten bleiben. Das Ziel, bei den internationalen Klimaverhandlungen eine Anrechnung von Holz und Holzprodukten in die nationale THG-Bilanz zu vereinbaren, wurde bereits erreicht.

Waldklimafonds (BMELV und BMU, Juli 2013)

Der Waldklimafonds soll die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung im Bereich Wald, Forst- und Holzwirtschaft unterstützen. Der Waldklimafonds wurde am 1. Juli 2013 unter gemeinsamer Federführung von BMELV und BMU eingerichtet. Mit den Maßnahmen der Förderrichtlinie Waldklimafonds soll das CO_2-Minderungs-, Energie- und Substitutionspotenzial von Wald und Holz erschlossen und optimiert sowie die Anpassung der deutschen Wälder an den Klimawandel unterstützt werden. Die Maßnahmen sollen unter Beachtung ökologischer und ökonomischer Aspekte einen größtmöglichen Nutzen für den Schutz des Klimas und die Anpassungsfähigkeit der Wälder an die Folgen des Klimawandels erzielen. Dabei sollen – wo möglich – Synergien zwischen Klimaschutz, Anpassung der Wälder an den Klimawandel und Erhalt der biologischen Vielfalt genutzt werden. Der Waldklimafonds ist Bestandteil des Energie- und Klimafonds, in den die Versteigerungserlöse aus dem EU-weiten Emissionshandel fließen. Im Jahr 2013 können für die Förderung von Maßnahmen im Zeitraum von 2013 bis 2019 insgesamt Mittel in Höhe von bis zu 34 Mio. € gebunden werden.

Charta für Landwirtschaft und Verbraucher (BMELV, Januar 2012)

Die Charta für Landwirtschaft und Verbraucherschutz benennt keine expliziten Ziele zum Klimaschutz, obwohl dem Klimaschutz im vorbereitenden Diskussionsprozess ein eigenes Kapitel gewidmet war. Die Charta enthält aber für den Klimaschutz relevante Maßnahmen wie den Grünlandschutz als Element der GAP-Reform, die Fortschreibung der NEC-Richtlinie zur Reduktion der

Ammoniakemissionen, die Evaluierung und Anpassung der Düngeverordnung sowie die stärkere Begünstigung der Biogasproduktion aus Gülle und Reststoffen im EEG. Weiterhin sollen die für flüssige Bioenergieträger geltenden EU-Nachhaltigkeitskriterien auf Futter- und Lebensmittel sowie feste und gasförmige Bioenergieträger ausgeweitet werden. Als offener, diskussionsbasierter Prozess bietet die Charta eine Plattform für die künftige Abstimmung und Festlegung von Klimaschutzzielen für die Landwirtschaft.

Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (BMVBS, Juni 2013)

Diese „lernende" Strategie ist im Rahmen eines Dialogprozesses entstanden und soll künftig kontinuierlich fortgeschrieben werden. Es werden Fragen der Energieeinsparung, des Klimaschutzes sowie der Umstellung auf alternative Energieträger adressiert, nicht zuletzt auch der Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor. Dazu heißt es u. a., dass der Einsatz von Biokraftstoffen zwar eine technisch umsetzbare Kraftstoffalternative darstellt, die aber bezüglich der Verfügbarkeit nachhaltig erzeugter Mengen, Technologien und Kosten mit hohen Unsicherheiten verbunden ist. Da der Beitrag der Biokraftstoffe zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors durch indirekte Landnutzungsänderungen geschmälert wird, wird der Vorschlag der EU-Kommission vom Oktober 2012, eine Obergrenze für den Anteil „konventioneller Biokraftstoffe" festzulegen, ausdrücklich begrüßt. Darüber hinaus wird ein Systemwechsel ab dem Jahr 2015 von der bisher energiebezogenen Biokraftstoffquote zu einer Treibhausgas-Quote diskutiert.

Politikstrategie Bioökonomie (BMELV, Juli 2013)

Die Strategie soll die Weiterentwicklung der „wissensbasierten Bioökonomie" bzw. „biobasierten Wirtschaft" unterstützen. Darunter werden alle Wirtschaftszweige verstanden, die biogene, nachwachsenden Rohstoffen aus der Land-, Fort- und Fischereiwirtschaf, Aquakultur und mikrobiellen Prozessen erzeugen, verarbeiten, vermarkten oder nutzen. Mithilfe der Strategie soll der Strukturwandel von einer vor allem auf Erdöl basierten Wirtschaft hin zu einer stärker auf nachwachsenden Ressourcen basierten Wirtschaft befördert werden. Damit soll gleichzeitig zur Verbesserung der Ressourceneffizienz, zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft und zur Entwicklung neuer, innovativer Produkte und Verfahren beigetragen werden. Der Ausbau der biobasierten Wirtschaft soll mit der Sicherung der Ernährung und dem Schutz der Umwelt, des Klimas und der Biodiversität verbunden werden. Zum Klimaschutz im Agrarsektor heißt es: *„Der Agrarbereich muss in die Klimaschutzpolitik und die vereinbarten nationalen Reduktionsziele angemessen einbezogen werden …"* (Politikstrategie Bioökonomie, 2013, S. 28). Als Beitrag zu den nationalen Klimaschutzzielen sollen Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft erarbeitet und bewertet werden.

4.1.2 Fazit zu Programmen und Maßnahmen auf Bundesebene

Seit dem Jahr 2000 ist als Klimaschutzmaßnahme im Agrar- und Forstbereich vor allem die energetische Nutzung von Biomasse in den Mittepunkt gerückt. Die Schwerpunkte der künftigen Klimapolitik wurden in den Meseberger Beschlüssen festgelegt, in denen der Agrar- und Forstbe-

reich nur über die Bereitstellung von Biomasse angesprochen wird. Die Zielformulierung und die Förderung finden vor allem im Rahmen der Energiepolitik statt, so auf EU-Ebene durch die Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und auf Bundesebene durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz, das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz und das Biokraftstoffquotengesetz.

Im Forst- und Holzsektor werden diese Politiken durch die Waldstrategie 2020 und den Waldklimafonds hinsichtlich der Erhaltung des Waldes als Kohlenstoffspeicher und der Nutzung von Holz in langlebigen Produkten ergänzt. Für den Agrarsektor wurde bisher keine umfassende Klimaschutzstrategie entwickelt. Programme und Förderungen konzentrieren sich bisher auf die energetische Nutzung von landwirtschaftlich erzeugter Biomasse und Abfallstoffen, Forschung und Entwicklung für stoffliche Nutzungsoptionen sowie auf die Einsparung von Energie.

4.2 Programme und Maßnahmen zum Klimaschutz auf Länderebene

Im Folgenden werden zunächst Energie- und Klimaschutzstrategien der Länder und die darin enthaltenen Aussagen zur Agrar- und Forstwirtschaft dargestellt. Grundlage bilden m Internet verfügbare Dokumente (Stand: August 2012). Daran schließt sich ein Überblick über Klimaschutzmaßnahmen der Länder auf Grundlage einer Befragung zuständiger Stellen der Länder an. Aus den Antworten konnte keine vollständige Synopse aller Klimaschutzaktivitäten erstellt werden, da die Klimaschutzstrategien und Maßnahmen der Länder fortlaufend weiterentwickelt werden und die jeweilige Situation sehr unterschiedlich im Internet dokumentiert ist. Hinzu kommt, dass die Antworten der Länder sehr unterschiedlich ausgefallen sind. Schließlich tragen viele Maßnahmen im Agrar- und Forstbereich gleichzeitig zu verschiedenen Zielen bei, z. B. zum Schutz von Luft, Klima, Boden, Wasser, Biodiversität und Landschaft. Aus diesen Gründen werden im Folgenden nur die Ergebnisse der Internetrecherche ausführlicher dokumentiert, die Ergebnisse der Befragung werden nur kurz zusammengefasst.

Oft wird der Klimaschutz bei Maßnahmen mit Klimaschutzwirkung nur als Nebenziel genannt oder z. T. auch überhaupt nicht aufgeführt. So kann es sein, dass eine Maßnahme mit Klimaschutzwirkung, die in vielen Ländern umgesetzt wird, nur von einigen dieser Länder in Bezug zu Klimaschutzzielen gesetzt wird. Ein weiteres Problem besteht schließlich darin, dass es keine einheitlichen Einschätzungen über die tatsächlichen, direkten und indirekten Klimaschutzwirkungen von Maßnahmen gibt, und maßnahmenbezogene Quantifizierungen der Wirkungen fehlen oder sehr unterschiedlich vorgenommen werden. Aus diesen Gründen sollte auf Grundlage der Zusammenstellung der Länderaktivitäten keine Bewertung erfolgen.

4.2.1 Energie- und Klimaschutzstrategien der Länder

Der folgende Teil der Auswertungen basiert auf im Internet verfügbaren Dokumenten und Webpräsentationen der Länderministerien. In der linken Spalte werden die analysierten Dokumente genannt, in der rechten Spalte finden sich Inhaltsangaben zu den bezüglich Bioenergie, Land- und Forstwirtschaft gefundenen, relevanten Aspekten. Absätze oder einzelne Formulierungen aus den Dokumenten wurden z. T. wörtlich in die Inhaltsangaben übernommen. Soweit die Dokumente quantitative Ziele enthalten oder die Umsetzung von neuen Maßnahmen beschreiben, wurde dies in die Zusammenfassung aufgenommen.

Tabelle 4.1: Energie- und Klimaschutzstrategien der Länder

Brandenburg	
Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten des Landes Brandenburg: Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg, 21. Februar 2012, sowie Katalog der strategischen Maßnahmen	Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch soll bis zum Jahr 2020 auf 20 % und bis 2030 auf 32 % ausgebaut werden. Das Ziel bei der Biomasse (49 PJ) wird mit dem 2010 erreichten Stand von 65,5 PJ in 2010 bereits übertroffen. Dabei ist ein Großteil der Biomasse (rund 30 %, ca. 20 PJ) auf den Import und die Mitverbrennung biogener Reststoffe in Kraftwerken zurückzuführen. Es wird mit einem Potenzial für den Biomasseanbau von knapp 30 % der Ackerfläche des Landes gerechnet. Maßnahmen zur Bioenergie: Bioenergieberatung, Unterstützung bei Modernisierungsvorhaben, Erschließen ungenutzter Potenziale.
Biomassestrategie, August 2010, Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg	Bionergiepotenziale: Getreide, Raps, Mais zusammen 14,49 PJ, Wirtschaftsdünger 8,6 PJ, Grünland 2,5 PJ, Energieholz 4,1 PJ (sinkt ggü. 8,6 PJ in 2006), Restholz 4,4 PJ, Altholz 1,5, KUP 1,4 PJ (mit 10.000 ha), weitere Rest- und Abfallstoffe 2,9 PJ
Baden-Württemberg	
Klimaschutzkonzept 2020plus, 17.02.2011, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr	Bis 2020 soll ein nachhaltiges Bio-massepotenzial von ca. 120 bis 140 PJ erschlossen werden (ohne Importe, ggü. 100 PJ im Jahr 2008, davon 20 % aus Importen). Es wird ein Bedarf von 10–20 % der Ackerfläche für die energetische Nutzung erwartet (im Gegensatz zur nationalen Biomassestrategie mit bis zu 40 % des deutschen Ackerlandes). Maßnahmen: EN7: Erhöhung des Biogasabsatzes, Aufbereitung und Einspeisung, Entkopplung der Orte mit Biogaspotenzial und Orten mit -bedarf. BM1: Etablierung von Kurzumtriebsplantagen (KUP), Erschließung des Biomassepotenzials aus der Landschaftspflege (bis 2020 zusätzlich 8 – 10 PJ/a). BM2: Erschließung des Biomassepotenzials aus Stroh, extensiv genutztem Dauergrünland, tierischen Exkrementen und anderen landwirtschaftliche Reststoffen aus Verarbeitung (27 – 31 PJ/a) BM3: Untersuchung von Handlungsoptionen, um die Bioenergieförderung stärker an Effizienz- und Nachhaltigkeitskriterien auszurichten BM4: Konzept zur strategischen Weiterentwicklung der Bioenergieförderung. Ziel: Bioenergieförderung stärker an Effizienz- und Nachhaltigkeitskriterien ausrichten.

	BM5: Verschärfung der EU-Nachhaltigkeitskriterien für Biokraftstoffe und Ausweitung auf weitere Biomasseprodukte. Bis 2020 sollen landwirtschaftliche THG-Emissionen ggü. 1990 um 24,8 % reduziert werden, Vision für 2050: -40 %. Maßnahmen im Landwirtschaftsbereich: LW1: Klimafreundliche Milch- und Rindfleischproduktion in Baden-Württemberg durch weitere Effizienzsteigerung und Optimierung der Fütterung, unterstützt durch Beratung und Forschung (THG-Minderung von 0,25-0,5 Mio. t $CO_{2\text{-}Äqu.}$/a) LW2: Förderprogramm zur Senkung des Stickstoffüberschusses und Steigerung der Stickstoffeffizienz (bei Senkung des N-Saldos von 77 auf 50 kg N/ha: 0,25 Mio. t $CO_{2\text{-}Äqu.}$/a) LW3: Verbraucherbezogene Maßnahmen zur Stärkung einer klimafreundlichen Ernährungsweise. (bspw. reduzierter Konsum von Rindfleisch und Milchprodukten, 0,2 Mio. t $CO_{2\text{-}Äqu.}$/a) LW4: Auflagen zur Lagerung von Wirtschaftsdünger und Kofermentierung von Gülle in Biogasanlagen (zusätzlich zu N-Maßnahmen: 0,1 Mio. t $CO_{2\text{-}Äqu.}$/a) LW5: Förderprogramm zum Ausbau des ökologischen Landbaus auf 15 % des konventionellen Milchvieh- und Rinderbestandes und 45.000 ha der Anbaufläche (0,02 Mio. t $CO_{2\text{-}Äqu.}$/a) LW6: Beratung von Landwirten und Erfahrungsaustausch. LW7: Weiterentwicklung der Vermarktung regionaler Produkte. Ziel: Optimierung des Ansatzes "Aus der Region für die Region" in der gesamten Wertschöpfungskette. LW8: Schutzprogramm zur Renaturierung und Wiedervernässung von Mooren und nachhaltige Nutzung (bei 2.000 ha vollständig wiedervernässten Niedermoorflächen 0,06 Mio. t $CO_{2\text{-}Äqu.}$/a) LW9: Schutz von besonders wertvollem Dauergrünland durch Umbruchverbot. Die Erhaltung/Etablierung von Dauergrünland spart bis zu 10 t CO_2/ha*Jahr. Maßnahmen im Forst- und Holzbereich: FO1: Fortführung der bestehenden Maßnahmen zur Aufklärung und Information zur Förderung einer verstärkten Nutzung der Holzbauweise. Maßnahme FO2: Erschließung des Rohstoffpotenzials aus dem Wald. Ziel: Bereitstellung des ökologisch nachhaltig erschließbaren Rohstoffpotenzials aus dem Wald zur stofflichen und energetischen Verwertung.
Klimaschutzgesetz (Festlegung von Eckpunkten im Februar 2012; Anhörung Anfang 2013, Landtagsbeschluss im Juli 2013)	Verringerung der THG-Emissionen bis 2050 um 90 Prozent ggü. 1990, bis 2020 -25 %. Das zugrunde liegende Gutachten empfiehlt sektorale Minderungsziele, z. B. für Land- und Forstwirtschaft, Landnutzung bis 2020 ggü. 1990 -35 %. Sektorziele festgeschrieben und konkrete Maßnahmen sollen in einem Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzept (IEKK) festgelegt werden.
Bayern	
Klimaprogramm Bayern 2020. Minderung von Treibhausgasemissionen Anpassung an den Klimawandel	Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch bis 2020 auf 20 %; Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung auf 25 bis 30 %; Erhöhung des Anteils der Biomasse am

Forschung und Entwicklung. September 2009. Bayerische Staatsregierung	Primärenergieverbrauch auf 8 %. Land- und Forstwirtschaft werden vor allem als vom Klimawandel betroffene Sektoren gesehen. Aufgeführte Klimaschutzmaßnahmen: „BioEnergie für Bayern“: Ausbau des Einsatzes von Biomasse als regenerativer Energieträger: Leuchtturmprojekte, Investitionsförderungen für Biomasseanlagen, Einsatz von Biokraftstoffen in der Staatsverwaltung; Forschungsprogramm „Biomasse und Klima“; Informationskampagne „Biomasse ist mehr“. Flurneuordnung zur Steigerung der Energieeffizienz der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe, Beratung zu emissionsarmen Tierhaltungssystemen, besseres Fütterungs- und Wirtschaftsdüngermanagement sowie die Leistungsoptimierung in der Rinderhaltung, Optimierung und Minimierung der Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft sowie eine Weiterentwicklung extensiver ökologischer Landbewirtschaftung, Forschung zu neuartigen Pflanzenarten für die Energiepflanzenproduktion. Cluster-Initiative Forst und Holz zur nachhaltigen Mobilisierung der Nutzungspotenziale der Wälder und einer klimaoptimierten Holzverwendung.
Hamburg	
Hamburger Klimaschutzkonzept, 2007-2012 Fortschreibung 2010/2011, 04. 01. 11, Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft	Ein zentraler Beitrag zur Erreichung der Ziele bis 2020 ist der Ersatz der Fernwärmeerzeugung in Kohlefeuerungsanlagen durch Gas- und Dampf-Kombikraftwerke (GUD-Anlagen) bzw. Biomasse-Feuerungsanlagen.
Bremen	(Keine Hinweise zu Bioenergie, Land- und Forstwirtschaft gefunden)
Hessen	
Klimaschutzkonzept Hessen 2012, vom März 2007, Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz	Hessen soll als Standort für Bioenergie nachhaltig weiterentwickelt werden. Mit einem Förderprogramm „Erneuerbare Energien“ soll die Errichtung von Anlagen zur energetischen Nutzung von Biomasse und Biogas gefördert werden. Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch (ohne Verkehrssektor) soll bis zum Jahr 2015 auf 15 % erhöht werden. Förderung von Biokraftstoffen, Biogas, Energieholz. Land- und Forstwirtschaft werden vor allem als vom Klimawandel betroffene Sektoren angesehen.
Biomassenaktionsplan 2020 des Landes Hessen, 2011, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	Erhöhung der Biomassenutzung von 6.4 TWh/a auf 9,5 TWh/a in 2020 (75-80 % des geschätzten Potenzials). Laufende Maßnahmen: Förderprogramm Biorohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft, Pilot- und Demonstrationsvorhaben, Förderung des Kompetenzzentrums HessenRohstoffe „HeRo“ e.V.; Forschungszentrum zur energetischen Biomassenutzung auf dem Landwirtschaftszentrum Eichhof; Biomassepotenzialstudien; Biokraftstoffprojeke. Geplant: Förderung „neuer“ Biomassen/Inputstoffe; regionale Energiekonzepte; Leitprojekt „Bio-Effienz-Dörfer“; Nutzung Reststoffe/Abfälle; etc.
Mecklenburg-Vorpommern	
Aktionsplan Klimaschutz Mecklenburg-Vorpommern 2010, Januar 2011, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern	Nutzung von Ackerfläche für Energiepflanzen kann von derzeit 16 % auf etwa 1/3 gesteigert werden. Durch verfahrenstechnische Innovationen kann die Effizienz der energetischen Biomassenutzung deutlich erhöht werden (KWK-Prozesse, Umwandlung von Wärme in Strom oder Nutzung zu Kühlzwecken, Nutzung bislang kaum genutzter Biomassen z. B. für Biogas oder BtL-Kraftstoff.

	Ausbaupotenziale: Strom: Biomasse (u. a. Holz, 10 bis 15 % des jährlichen Holzaufkommens aus den Wäldern des Landes) 2008 287 GWh, 2020 430 GWh (CO_2-Reduktion 258.000 t); Biogas 2008 859 GWh, 2020 1500 GWh (CO_2-Reduktion 900.000 t) Wärme: Biogas 2008 196 GWh (CO_2-Reduktion 102.600t), 2020 342 GWh; Waldholz (KWK + rein thermisch) 144 + 322 GWh, 2020 215 + 440 GWh (64.500 + 132.000 t CO_2); Getreidestroh, KUP 2008 ?, 2020 785 GWh (CO_2-Reduktion 235.500 t) Abfall bzw. Ersatzbrennstoffe 2008 84,9 GWh Strom und 113 GWh Wärme Maßnahmen in der Landwirtschaft: Optimierung der Düngung, verbesserte Gülleausbringungstechnik, Verwendung von Reststoffen wie Gülle in der Biogasproduktion. Moorschutz als Beitrag zum Klimaschutz: Erarbeitung eines Konzeptes zum Schutz und zur Bestandssicherung der Moore Mecklenburg-Vorpommerns durch die Landesregierung im Jahre 2000, Anhebung der Wasserstände auf 30.000 ha Moor, bis 2008 -0,3 Mio. t. $CO_{2\text{-Äqu.}}$ p. a. Im Jahr 2009 wurde das Konzept von 2000 fortgeschrieben. U. a. sollen Nutzungsformen, die dank angepasstem Wassermanagement einen Torferhalt gewährleisten und zudem die Produktion von Biomasse zur stofflichen und energetischen Verwertung ermöglichen, entwickelt und erprobt werden. Bei der Umsetzung des Moorschutzkonzeptes wird auf eine partnerschaftliche und regional abgestimmte Herangehensweise gesetzt. Holzverwendung als Beitrag zum Klimaschutz: Für in Mecklenburg-Vorpommern hergestellte Sägewerksprodukte ergibt sich eine mögliche CO_2 Einsparung in Höhe von jährlich 3 Mio. t CO_2. Weitere Potenziale liegen in den Produkten der Holzwerkstoffindustrie sowie in der Substitutionsleistung von Energie- und Brennholz. Zur Steigerung der Holzbauquote von aktuell 12 % soll in Mecklenburg-Vorpommern der öffentliche Baubereich eine Vorreiterrolle entwickeln, weiterhin wurde die Landesbauordnung bzgl. Brandschutzanforderungen angepasst, und für die Kommunikation im Jahr 2002 ein Landesbeirat Holz gegründet. Einzelne Maßnahmen im Forstbereich (Internetseite): Verstärkte Neuwaldbildung (z. B. auf renaturierten Nassstandorten) und Steigerung der Holzerzeugung durch Anwendung neuer forstlicher Produktionssysteme (z. B. zweihiebige Erstaufforstungen mit Kombination der Energie- und Nutzholzproduktion) Ausschöpfung bisher ungenutzter Holzpotenziale (u. a. Kleinprivatwald, Wälder auf Nassstandorten) und Förderung der Holzverwendung (z. B. Erlenholz) Errichtung eines branchenübergreifenden Clustermanagements Wald und Holz
Niedersachsen	
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, Februar 2009, Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft - Positionspapier zum Klimaschutz in Niedersachsen.	Maßnahmen im Bereich Bioenergie: Unterstützung der Einspeisung von Biogas; der Forschungsverbund Nachhaltige Nutzung von Energie aus Biomasse im Spannungsfeld von Klimaschutz, Landschaft und Gesellschaft verfolgt das Ziel, Anbau und technische Konzepte der Biomasseerzeugung und -nutzung unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte zu optimieren. Ansatzpunkte in der landwirtschaftlichen Produktion: Effiziente Nutzung und die Lagerung von Düngemitteln, bessere Ausnutzung

	von Stickstoffdüngern, Wirtschaftsdüngermanagement (z. B. gasdichte Lagerung von Gülle), vergrößerte Lagerkapazitäten von flüssigen Wirtschaftsdüngern und bodennahe Ausbringung. Komplementäreffekte mit dem Wasserschutz aus Agrarumweltprogrammen des Landes sollten gezielt genutzt werden. Bzgl. Methanemissionen aus der Tierhaltung: veränderte Futterzusammensetzung, Futterzusatzstoffe, die Erhöhung der tierischen Leistungen beim Einzeltier (z. B. in der Milchproduktion), effizientere Futterverwertung, der Einsatz neuer biotechnischer Methoden. Landwirtschaftliche Bodennutzung: Schutz von Dauergrünland, Renaturierung und Wiedervernässung von Mooren. Bereits 1981 wurde Teil 1 des niedersächsischen Moorschutzprogramms beschlossen (Teil 2 1986). Ziel des Programms ist es, 81.000 ha nicht abgetorftes und nach der Abtorfung renaturiertes Hochmoor als Naturschutzgebiete zu sichern. Nach 25 Jahren Laufzeit (Stichtag 31.12.2005) war dieses Ziel zu rund 50 % erreicht. Vollständig kann das Programm erst nach Abschluss des genehmigten industriellen Torfabbaus umgesetzt werden, der teilweise bis 2050 reicht. Das Land Niedersachsen hat sich im Rahmen seiner Eigenbindung für die Renaturierung abgetorfter Flächen anstatt landwirtschaftlicher Folgenutzung entschieden. Insgesamt sollen ca. 9.000 ha abgetorfte landeseigene Moore renaturiert werden. Forstwirtschaft: Speicherung von Kohlenstoff durch nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes, Vergrößerung der Waldfläche und einer multifunktionalen Forstwirtschaft inkl. Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Über das Programm zur „Langfristigen ökologischen Waldentwicklung“ (LÖWE) werden die Bestände im Landeswald seit 1994 konsequent in multifunktionale, strukturreiche und laubholzbetonte Mischwälder umgebaut. Die niedersächsischen Förderrichtlinien unterstützen die Waldbesitzer darin, auch den Nichtstaatswald ökologisch umzubauen und somit flexibler und widerstandsfähiger für sich verändernde Umweltbedingungen zu machen. Darüber hinaus wurden in Niedersachsen seit 1986 40.000 Hektar neuer Wald mit entsprechenden CO_2-Speicherpotenzialen begründet. Weitere Aspekte: betriebsnahe Holzverfügbarkeit für die Holzindustrie, damit Vermeidung klimaschädlicher Transporte, Energieholzbereitstellung, C-Speicherung in langlebigen Holzprodukten, Mehrfachnutzung und Substitution von nicht nachwachsenden Roh- und Baustoffen.
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz Regierungskommission Klimaschutz Niedersachsen (2012) Empfehlungen für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie	Maßnahmenempfehlungen für die Landwirtschaft: 1 Überarbeitung der Düngeverordnung (DüV) 2 Ergebnisorientierte Honorierung zur Erhöhung der N-Effizienz 3 Pilotprojekt zur Bestimmung der Backweizenqualität und Optimierung der Qualitätsdüngung 4 Agrarumweltmaßnahme zur sofortigen Einarbeitung von Wirtschaftsdüngern 5 Verpflichtung zur Abdeckung von Anlagen zur Lagerung von Schweine- und Rindergülle 6 Erhalt von Dauergrünland 7 Erhalt organischer Böden und Weiterentwicklung des Moorschutzprogramms 8 Strategie zur Reduzierung der Torfverwendung im Gartenbau 9 Konzept „Klimafreundliche Biogasanlage“ 10 Weiterentwicklung von Optionen für Kurzumtriebsplantagen 11 Klimacheck für landwirtschaftliche Betriebe 12 Anpassung des Agrarinvestitionsförderungsprogramms (AFP) an Klimaschutzaspekte 13 Information und Aufklärung der Verbraucher

Nordrhein-Westfalen

Eckpunkte für den Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen, Oktober 2011, sowie

Erneuerbare Energien in Nordrhein-Westfalen. Wachstum und Beschäftigung für den Klimaschutz. Ministerium für Klimaschutz, Februar 2012. Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

Das Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen wurde im Januar 2013 beschlossen.

Gemäß Koalitionsvertrag soll ein Klimaschutzgesetz verabschiedet werden. Danach sollen die THG-Emissionen in Nordrhein- Westfalen bis zum Jahr 2020 um mindestens 25 % und bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 % im Vergleich zum Jahr 1990 verringert werden.

Die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele sollen in einem Klimaschutzplan festgelegt werden, der die Ziele zeitlich, sektoral und regional konkretisiert. Der Klimaschutzplan soll in einem breiten gesellschaftlichen Partizipationsprozess erarbeitet werden. Im Dialog mit unterschiedlichen Akteurinnen und Akteuren sollen gemeinsam Maßnahmen und Strategien erarbeitet werden, mit denen die im Gesetz verankerten Klimaschutzziele erreicht werden können.

Rheinland-Pfalz

Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung: 9. Energiebericht Rheinland-Pfalz, Oktober 2011, Berichtszeitraum der Bilanzen: 2008 – 2009.

Bis zum Jahr 2030 soll im Strombereich bilanziell der gesamte Bruttostromverbrauch des Landes durch Erneuerbare Energien gedeckt werden. Die Erneuerbaren Energieträger sind mit 16 Mrd. kWh mittlerweile die drittstärkste Gruppe unter den Energieträgern beim Primärenergieverbrauch. Ihr Anteil am Primärenergieverbrauch ist im Jahr 2009 auf 9,2 % gestiegen.

Schleswig-Holstein

Landesregierung Schleswig-Holstein, 03.02.2012, Integriertes Energie- und Klimakonzept für Schleswig-Holstein 2011

Schleswig-Holstein soll mit seiner Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien bis 2020 8 bis 10 % des Bruttostromverbrauchs in Deutschland decken, bzw. das Drei- bis Vierfache des schleswig-holsteinischen Bruttostromverbrauchs. Bei Wärme und Kraftstoffen aus Erneuerbaren Energien sollen mindestens die Bundesziele erreicht werden, d. h. Anteil an der Wärmebereitstellung von 14 % und am Endenergieverbrauch des Verkehrs von 10 %. Insgesamt ergibt sich ein rechnerischer Anteil der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch von mindestens 90 Prozent bis 2020.

Forstwirtschaft, CO_2-Speicher und –Senken:

Waldanteil in Schleswig-Holstein beträgt zurzeit 10,3 %, langfristig werden 12 % angestrebt (26.000 Hektar Neuwald). Eine verstärkte Neuwaldbildung über die bisherigen ca. 200 ha p. a. hinaus erfordert zusätzliche Finanzierungsmöglichkeiten, z. B, aus dem Wald-Klima-Fonds. Steigerung der stofflichen und energetischen Holznutzung um 40 Prozent bis 2019 (Basisjahr 2009) und die Weiterentwicklung des Holzimpulsprogramms im Sinne der „Charta für Holz“, u. a. durch verstärkte Holznutzung aus dem Kleinprivatwald

Moorschutz: Die Landesregierung hat am 10.05.2011 das schleswig-holsteinische Moorschutzprogramm beschlossen. Das Programm zeigt den Weg auf, mit dem in den nächsten 30 Jahren in Schleswig-Holstein die bestehenden ca. 35.600 ha Moorbiotope in ihrem Erhaltungszustand stabilisiert werden können. Mindestens 12.000 ha Moorbiotope und als Acker oder Grünland genutzte Moorböden im Umfeld dieser Moore sollen in ihrem Zustand verbessert werden und wieder Kohlenstoff dauerhaft als Torf binden. Das Programm setzt dabei ausschließlich auf Freiwilligkeit.

Landwirtschaft:
Ziel ist eine deutliche THG-Reduzierung, Maßnahmen:

Effiziente Düngung (Düngungsmanagement)

Reduzierung klimarelevanter Gase durch eine verbesserte Lagerungs- und Ausbringungstechnik bei Düngemitteln, besonders bei Wirtschaftsdüngern (z. B. Gülle). Im Rahmen der Agrarumweltmaßnahmen wird noch bis zum Ende der Förderperiode der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) 2013 eine finanzielle Förderung emissionsarmer bodennah applizierender Techniken (z. B. Schleppschlauch-, Injektionsverfahren) gewährt.

Verstärkte Nutzung von Reststoffen bei der Bioenergieerzeugung

Substitution fossiler Energieträger durch Verwertung anfallender landwirtschaftlicher Reststoffe (Stroh, Landschaftspflegematerial, Ernterückstände und Exkremente) sowie durch Vergärung von Bioabfällen.

Förderung des Anbaus von Schnellwuchshölzern nach umweltfachlichen Vorgaben

Stärkere Nutzung von Biomasse zur Produktion von Strom, Wärme und Kraftstoffen und als nachwachsender Rohstoff für unterschiedliche stoffliche Nutzungen unter Berücksichtigung anderer landwirtschaftlicher und umweltfachlicher Belange. Nutzung von KUP-Aufwüchsen in Kraft-Wärme-Kopplung wird als effizienteste Form der Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen angesehen, dazu wurden Kriterien für einen umweltgerechten Anbau erarbeitet.

Entwicklung weiterer Maßnahmen:

Nutzung natürlicher Kohlenstoffspeicher, z. B. durch Aufgabe der ackerbaulichen Nutzung auf anmoorigen und moorigen Standorten sowie Renaturierung und / oder extensive Nutzung von Mooren. Dem Erhalt natürlicher Kohlenstoffspeicher dient darüber hinaus ein verbessertes Humusmanagement durch angepasste Fruchtfolgen, Zwischenfruchtanbau, Untersaaten, Verzicht auf Grünlandumbruch;

Grünlanderhalt insbesondere auf Moorböden;

Anwendung Humus schonender und wassersparender Bodenbearbeitungsverfahren;

Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienzen in landwirtschaftlichen und gärtnerischen Betrieben (z. B. Unterglasanbau), durch Nutzung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungstechniken (precision farming) zur Verringerung der Düngegaben und Kosteneinsparung und zur Entwicklung von Prognose- und Steuerungsmodellen in Landwirtschaft und Gartenbau;

Kaskadennutzung von Biomasse, d. h. Prüfung einer stofflichen Verwertung vor energetischer Nutzung.

Entwicklung von wissenschaftlich abgesicherten Anpassungsstrategien, Schulung, Beratung und Information von Unternehmen, Beratungsinstitutionen und Verbänden der Landwirtschaft und des Gartenbaus.

Etablierung eines Vertragsklimaschutzes im Rahmen der EU-Agrarreform, mit der die Landwirtschaft für konkrete und ambitionierte Maßnahmen zur Reduzierung ihrer THG-Emissionen bzw. zum Erhalt/Aufbau von Kohlenstoffsenken Ausgleichszahlungen erhält. Dabei sind je nach Betriebszweigschwerpunkt unterschiedliche modular aufgebaute Maßnahmen denkbar (Kriterien: THG-Minderungspotenzial, THG-Vermeidungskosten, Synergien zu anderen Schutzzielen, z. B. Boden-, Gewässer-, Naturschutz)

Saarland

Saarland-Agenda / Ressortprogramm Umwelt. Instrumente und Projekte des Strukturwandels im Saarland. 4.4. Schutzgut Klima (2005)	Im Rahmen des Zukunftsenergieprogramms ZEP Plus fördert die Landesregierung unter anderem auch den Einsatz von Biomasse zu Zwecken der Energieerzeugung. Projekte: Rapsöl für Blockheizkraftwerke, Holz- und Strohfeuerungsanlagen sowie Entwicklungs-, Pilot- und Demonstrationsvorhaben wie zum Beispiel für Holzvergasung. Das Förderprogramm ist dynamisch angelegt und wird den technischen Innovationen angepasst. Das Förderprogramm SAUM fördert die Umorientierung der Landwirtschaft mit dem Ziel einer klimaverträglichen und ressourcenschonenden Landbewirtschaftung. Eine Freisetzung von CO_2-Emissionen aus den Waldflächen des Saarlandes ist bei Beibehaltung der derzeitigen Waldbewirtschaftung nicht zu erwarten, bei dem langfristig praktizierten Vorratsaufbau im Staatswald ist die Bilanz sogar positiv.

Sachsen

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA) sowie Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL): Energie- und Klimaprogramm Sachsen (Entwurf, Stand 12. Oktober 2011)	Aus Biomasse werden gegenwärtig ca. 1.245 GWh/a Strom erzeugt (2010). Nach dem Biomassekonzept aus dem Jahr 2007 wird erwartet, dass sich die Stromerzeugung aus Biomasse innerhalb von 10 Jahren auf einen Größenordnung von 1.800 GWh/a erhöht. Maßnahmen in der Landwirtschaft (mit Synergieeffekten zum Boden-, Natur-, Gewässer- und zum vorbeugenden Hochwasserschutz): Steigerung der Stickstoffeffizienz v. a. durch Verminderung von N-Überschüssen und N-Austrägen. Erhalt der Kohlenstoffspeicher Dauergrünland und Moorflächen sowie Sicherstellung der Humusreproduktion auf Ackerflächen. Einsparung fossiler Energieträger durch Erzeugung von Bioenergie aus Wirtschaftsdüngern, biogenen Reststoffen, Landschaftspflegematerial und nachhaltig angebauten nachwachsenden Rohstoffen, einschließlich mehrjährigen Energiepflanzen. Minderung von Emissionen aus der Tierhaltung einschließlich Wirtschaftsdüngermanagement v. a. durch Erhöhung der Nutzungsdauer von Milchkühen bei weiter steigender Milchleistung und Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen. Umzusetzen über: Förderung flächenbezogener Agrarumweltmaßnahmen wie z. B. des Ökolandbaus, verschiedener Begrünungs- und Grünlandmaßnahmen und der dauerhaft konservierenden Bodenbearbeitung oder Direktsaat. Förderung investiver Maßnahmen z. B. im Bereich der Tierhaltung einschließlich des Wirtschaftsdüngermanagements (Lagerung und Ausbringung), der Anlage mehrjähriger Energiepflanzenbestände, der Nutzung erneuerbarer Energien sowie innovativer Spezialtechnik etc. Maßnahmen zur Schulung sowie zum Wissens- und Erfahrungsaustausch z. B. durch die Einrichtung von Arbeitskreisen insbesondere zur Abstimmung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der N-Effizienz sowie die Anlage von Demonstrationsvorhaben, die Durchführung von Feldtagen, Fachveranstaltungen und Schulungen.

	Durchführung von Projekten der angewandten Forschung z. B. zur Steigerung der N-Effizienz, zur Erhöhung der Energieeffizienz und –ausbeute (Biogas), zum nachhaltigen Energiepflanzenanbau, zur Direktsaat, zur Ableitung modellgestützter Empfehlungen zur Humusreproduktion etc. Neben diesen Instrumenten tragen weitere Instrumente wie das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und die Düngeverordnung zum landwirtschaftlichen Klimaschutz bei. Im Rahmen eines Projektes ist vorgesehen, die Treibhausgasemissionen der sächsischen Landwirtschaft unter Einbeziehung der Emissionen aus der Landnutzung/ Landnutzungsänderung zu ermitteln sowie die künftig erschließbaren Klimaschutzpotenziale bei Umsetzung weiterer Maßnahmen abzuschätzen. Damit sollen die Grundlagen für eine umfassendere quantitative Bewertung der Treibhausgasemissionen sowie der Klimaschutzleistungen der sächsischen Landwirtschaft geschaffen werden. Treibhausgas-Speicher schützen und -Senken entwickeln - strategische Aufgabenfelder: Schutz bestehender Kohlenstoffspeicher wie Moore, Nassstandorte und Grünland hat Vorrang gegenüber Anstrengungen zur Erhöhung der Senkenleistung Aufbau eines sächsischen Monitorings für Treibhausgasspeicher und –senken sowie Bewertung des Senkenpotenzials von Wald, Mooren, Auen und Grünland Entwicklung von Landnutzungsszenarien, welche die Senkenfunktion insgesamt verbessern landesplanerische Berücksichtigung von Maßnahmen zur Verbesserung der Senkenleistung und Unterstützung der Akteure Sicherung und Ausbau des sächsischen Waldes als Kohlenstoffsenke Entwicklung einer Kaskaden-Nutzung von Holz und Biomasse Senkengerechte Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter Böden.
Sachsen-Anhalt	
Landesregierung Sachsen-Anhalt Klimaschutzprogramm 2020 des Landes Sachsen-Anhalt. August 2010.	Die Landesregierung verfolgt das Ziel, den Anteil der Erneuerbaren Energien am Energieverbrauch von 13,2 % im Jahr 2007 bis 2020 auf 20 % zu erhöhen. Die Unterstützung der stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse erfolgt in Abhängigkeit von Effizienz der Biomassenutzung: - Bioraffinerien (noch in der Forschungsphase – nachhaltig schadstoffarme und Ressourcen schonende Gewinnung von chemischen Grundstoffen und Energie) - Kaskaden- und Koppelnutzung von nachwachsenden Rohstoffen - Strom und Wärme aus KWK-Anlagen vor Ort - Biogaseinspeisung - Konzepte zur stofflichen Nutzung von CO_2 Die Landesregierung wird im Rahmen der Länderbeteiligung bei Rechtsetzungsverfahren für zuverlässige Rahmenbedingungen eintreten, die es den einheimischen Biokraftstoffproduzenten ermöglichen, bei Beachtung der Nachhaltigkeitskriterien bestehende Produktionskapazitäten für Biokraftstoffe der 1. Generation auslasten zu können. Die Landesregierung wird im angemessenen Umfang die weitere Entwicklung der BtL-Kraftstoffe verfol-

gen und, sofern sich nennenswerte Erfolge aus der Sicht des Klimaschutzes abzeichnen, entsprechend reagieren.

Technische Maßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft:

Standortangepasste Bodenbearbeitungs- und Pflegemaßnahmen (mechanische Pflege, nicht wendende Bodenbearbeitungsverfahren, Parallelfahreinrichtungen, Bewässerungsmodelle, integrierter Pflanzenschutz)

Entwicklung und Einführung von neuen Verfahrens- und Anbautechniken nachwachsender Rohstoffe (Kurzumtriebsplantagen, neuen Kulturpflanzen, klimaangepasster Sorten, Zwischenkulturverfahren)

Optimierte Tierhaltungs- und nährstoffangepasste Fütterungsverfahren.

Energieeinsparung und Einsatz alternativer Energiequellen im landwirtschaftlichen Betrieb sowie Aufbau von dezentralen alternativen Energieversorgungssystemen im ländlichen Raum (Gas-, Strom-, Wärmenutzung)

Nutzung von Solarthermie oder Erdwärme zur Beheizung von Stallzonen (z. B. Ferkelnester), Gebäudezonen (z. B. Zonenheizung Schweineaufzucht) oder ganzer Wohn- und Geschäftsgebäude,

Technische Minderungsmaßnahmen bei der Lagerung, Behandlung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (Abdeckung von Güllelagerbehältern, technische Nachbehandlung von Wirtschaftsdüngern zum Einsatz in Biogasanlagen, technische Behandlung von Flüssigmist und Gärsubstraten, teilflächenspezifische Applikation von Dünger/Wirtschaftsdünger, N-Sensor oder Crop-Meter)

Beratungsangebote für klimaschutz-effiziente landwirtschaftliche Unternehmen

Dem Ausbau der energetischen und stofflichen Biomassenutzung kommt in Sachsen-Anhalt auch im Klimaschutz eine besondere Bedeutung zu. Zur Sicherstellung einer nachhaltigen Entwicklung dieses wichtigen Bereichs wird eine Biomassestrategie der Landesregierung entwickelt. Künftige klimaschutzrelevante Fördertatbestände: betrieblichen Energieeinsparung, Einsatz Erneuerbarer Energien, Verringerung der Treibhausgase in land- und forstwirtschaftlichen Arbeitsprozessen, Maßnahmen zur Verknüpfung umweltrelevanter betrieblicher mit kommunalen Infrastrukturen.

Thüringen

Freistaat Thüringen, Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Arbeit: Energie- und Klimastrategie Thüringen 2015. Juli 2009

Einsatz von Biomasse: von 2006 35.000 TJ auf 52.000 TJ in 2015 steigern. Konsequente Erschließung der bisher ungenutzten Potenziale:

Waldrest- und Durchforstungsholz aus dem Kleinstprivatwald zur Wärmeerzeugung,

Stroh für Heizkraftwerke, BtL oder Ethanolherstellung,

Wirtschaftsdünger und NAWARO zum Ausbau der Biogaserzeugung sowie Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsysteme zur Ergänzung des Holzpotenzials

Die Rohstoffpotenziale ermöglichen dies, wenn auch unter erheblichen Anstrengungen. Beispielsweise könnten 30 % der Landwirtschaftsfläche Thüringens zur Energiepflanzenproduktion genutzt werden. Ebenso ist eine Verdopplung der Biogasproduktion möglich, wenn alle bisher ungenutzten Potenziale konsequent erschlossen werden.

Bioenergie zur Wärmeversorgung in den landeseigenen Gebäuden

	Landwirtschaft:
	Basis: Thüringer Bioenergieprogramm von 2006
	Ziel: Ausbau der Erzeugung von Biogas aus landwirtschaftlichen Nebenprodukten, Abfällen und Energiepflanzen bei hohen energetischen Gesamtwirkungsgraden
	Errichtung von Anlagen zur Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, vorzugsweise als Gemeinschaftsunternehmen zwischen Landwirtschaft und Energieversorgern, inkl. Stadtwerke
	Ausschöpfung des Biogaspotenzials auf der Basis von tierischen Exkrementen und betriebswirtschaftlich sinnvollem Einsatz von landwirtschaftlichen Kofermenten (NAWARO), Nutzung aller Möglichkeiten einer Abwärmenutzung zur Wärme- und Kälteerzeugung
	Erweiterung der Rohstoffbereitstellung für Biogasanlagen zur Erhöhung der Biodiversität
	Erschließung aller Reserven an Abfällen, Reststoffen und Nebenprodukten für eine energetische Verwertung
	Wissenschaftliche Begleitung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben zur Monofermentation von NAWARO im Nass- und Trockenverfahren
	Unterstützung und Entwicklung der Bioenergieregionen (Gewinner des Bundeswettbewerbs), Erschließung und Umsetzung von 50 Bioenergieprojekten bis 2015 im Freistaat
	Absicherung der Erzeugung und Nutzung von Kraftstoffen der 1. Generation, inkl. Rapsölmethylester und Rapsöl in der Landwirtschaft und im ländlichen Raum
	Konsequentes Erschließen der bisher ungenutzten Potenziale: Entwicklung von Strategien zur Mobilisierung von Rohstoffreserven im Kleinprivat- sowie im Körperschaftswald, Unterstützung der Produktion von Qualitätspellets und -briketts auf Holz-, Stroh- und Grüngutbasis.
Thüringer Bioenergieprogramm	Ziele: bis 2020 ca. 15 % des Primärenergieverbrauchs aus Bioenergie; ausgehend von 2006 mit 35.000 TJ aus Biomasse (100 %), sollen diese bis 2020 auf 52.000 TJ (150 %) gesteigert werden.

4.2.2 Überblick über Klimaschutzmaßnahmen der Länder

In diesem Abschnitt werden die Antworten der Länder bezüglich der laufenden Maßnahmen zum Klimaschutz kurz zusammengefasst. Insgesamt wurden 162 verschiedene Maßnahmen angegeben. 70 davon beziehen sich auf den Agrarsektor, 55 auf den Forst- und Holzsektor und 35 auf den Bioenergiesektor. Die Länder haben meist konkrete Förder-, Forschungs- und Beratungsmaßnahmen benannt, z. T. aber auch erwünschte, technische Maßnahmenoptionen ohne konkreten Bezug auf politische Maßnahmen. Gerade Forschungs- und Beratungsmaßnahmen wurden in sehr unterschiedlichem Umfang aufgeführt. Für 38 der Maßnahmen ist Klimaschutz das Hauptziel, bei weiteren 48 Maßnahmen ein Nebenziel. Bei 30 Maßnahmen gibt es laut Angaben der Länder keinen expliziten Zielbezug zum Klimaschutz, bei den restlichen 46 Maßnahmen wurden hierzu keine Angaben gemacht. Für einige der Maßnahmen findet sich zwar in der Klimaschutzstrategie des jeweiligen Landes ein klarer Zielbezug zum Klimaschutz, nicht jedoch im aktuellen Förderprogramm. Die Möglichkeit einer Quantifizierung der Klimaschutzwirkung ist bei 36 der Maßnahmen gegeben, bei 64 der Maßnahmen ist sie nicht oder noch nicht möglich. Darunter fallen 10 Forschungsmaßnahmen, für die eine Wirkungsabschätzung ohnehin nicht sinnvoll ist. Quantifizierungsmöglichkeiten fehlen aber auch bei Förder- und Beratungsmaßnahmen. Für die restlichen 62 Maßnahmen lagen keine Angaben vor.

Wegen der Unsicherheit bezüglich der Vollständigkeit und Vergleichbarkeit der Antworten ist eine weitere, detaillierte Auswertung nicht sinnvoll. Geplante Maßnahmen wurden nur von einigen Ländern beschrieben oder aufgrund der noch offenen Rahmenbedingungen für die ELER-Förderung nach 2013 nur grob umrissen, sodass die Planungen hier nicht näher dargestellt werden. Bezüglich der Förderung von Klimaschutzmaßnahmen über die derzeit laufenden ELER-Programme der Länder wurde von Stratmann (2008) eine Auswertung für den Stand der Erstgenehmigung der Programme vorgelegt.

4.2.3 Fazit zu Programmen und Maßnahmen auf Länderebene

In den Bundesländern wird eine große Vielfalt an Klimaschutzmaßnahmen im Bioenergie-, Agrar- und Forstbereich umgesetzt. Strategische Klimaschutzziele konzentrieren sich bisher in den meisten Ländern jedoch auf den Ausbau erneuerbarer Energien und der Bioenergie. Für den Agrar- und Forstbereich werden in den Klimaschutzstrategien der Länder in sehr unterschiedlichem Maße Ziele und Maßnahmen benannt, zum Teil bleibt es bei der Aufzählung erwünschter technischer Optionen ohne konkrete Ziele.

Die Dominanz der Bioenergieziele geht auf den Einfluss der EU- und Bundespolitik im Klimaschutz zurück. Im ersten Zwischenbericht zum Klimaschutzprogramm 2020 des Landes Sachsen-Anhalt findet sich hierzu die folgende Aussage: *„Aus Sicht des Klimaschutzes fehlen im Agrarsektor konkrete Zielformulierungen hinsichtlich einer Emissionsminderung von Treibhausgasen. Schwerpunkt der Klimaschutzaktivitäten liegen derzeit fast ausschließlich im Anbau und der Be-*

reitstellung von nachwachsenden Rohstoffen zur energetischen und stofflichen Nutzung. Dies wird in den entsprechenden Aktionsplänen der Bundesregierung dokumentiert.“ (Klimaschutzprogramm 2020 des Landes Sachsen-Anhalt, 1. Zwischenbericht Stand: Dezember 2011, S. 13).

In vielen Ländern wurden für den Agrar- und Forstbereich konkrete Ziele und Maßnahmen benannt, oder es finden aktuell Diskussionsprozesse zur künftigen Ausgestaltung der Klimaschutzstrategie statt, beispielsweise in Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Schleswig-Holstein. In Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen werden im Rahmen der im Jahr 2013 beschlossenen Landesklimaschutzgesetze sektorale Ziele auch für den Agrar- und Forstsektor festgelegt. Auch in den aktuellen Koalitionsverträgen der Länder Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein wurde die Verabschiedung von Landes-Klimaschutzgesetzen festgelegt.

Die Antworten zur Befragung der Länder spiegelt nicht nur die große Vielfalt an Maßnahmen wieder, sondern zeigt auch, dass die Zuordnung von Aktivitäten zu Klimaschutzzielen von Land zu Land sehr unterschiedlich ausfällt. Auffällig ist, dass viele der genannten Maßnahmen keinen „offiziellen“, in politischen Strategien oder in den relevanten Förderprogrammen dokumentierten Zielbezug zum Klimaschutz haben. Bei einer Reihe weiterer Maßnahmen wird der Klimaschutz als Nebenziel neben anderen (Umwelt-)Zielen genannt. Bezüglich der Quantifizierung von Klimaschutzwirkungen bestehen noch viele Lücken und Unsicherheiten. Für viele der Förder- und Beratungsmaßnahmen fehlen Einschätzungen der mit ihnen verbundenen Wirkungen auf die THG-Emissionen.

Die Vielfalt der Maßnahmen auf Länderebene birgt die Chance, über einen länderübergreifenden Erfahrungsaustausch neue Klimaschutzansätze weiterzuentwickeln und umzusetzen. Die Herstellung von Transparenz bezüglich der Haupt- und Nebenziele, eine Harmonisierung der Zieldarstellung zwischen den Bundesländern und eine methodisch und inhaltlich abgestimmte Quantifizierung der THG-Minderungswirkungen sind dabei wünschenswert, um künftig sektorale Klimaschutzleistungen politischer Forschungs-, Regulations-, Förderungs- und Beratungsmaßnahmen darstellen zu können. Die „Multifunktionalität“ vieler Maßnahmen im Agrar- und Forstbereich erfordert methodische Weiterentwicklungen bei der Erfassung der THG-Vermeidungskosten, da die Maßnahmenkosten aufgrund der Synergien mit anderen umweltpolitischen und sonstigen Zielen nicht allein auf den Klimaschutz bezogen werden dürfen. Eine weitere Herausforderung stellt die Optimierung der multifunktionalen Wirkungen dieser Maßnahmen unter Berücksichtigung der Klimaschutzeffekte dar.

5 Identifizierung und Bewertung von Handlungsoptionen

In diesem Kapitel werden Handlungsoptionen anhand technisch-organisatorischer Maßnahmen beschrieben und bewertet. Den Optionen werden auch mögliche politische Maßnahmen zur Unterstützung der Umsetzung der technischen Maßnahmen zugeordnet. Die Beschreibungen und Bewertungen geben den aktuellen Stand des Wissens wieder und sind z. T. unvollständig oder vorläufig. Soweit nicht auf Literaturquellen verwiesen wird, geben die Beschreibungen die wissenschaftliche Einschätzungen und Empfehlungen der Autoren wieder. Weitere Untersuchungen der Maßnahmenoptionen werden in den nächsten Jahren in den drei Fokusthemen des Thünen-Instituts „Erfassung und Minderung klimarelevanter Emissionen“, „Klimaschutzstrategien für den Agrarbereich“ sowie „Klimaschutzstrategien für Wald und Holznutzung“ erfolgen.

Die Beschreibungen der Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich bauen auf die Ergebnisse eines Projekts zu Klimaschutzstrategien auf, das im Auftrag des Landes Niedersachsen an den Instituten für Agrarrelevante Klimaforschung, für Betriebswirtschaft und für Ländliche Räume des Thünen-Instituts bearbeitet worden ist (Flessa et al., 2012). Der Projektbericht enthält detaillierte Beschreibungen möglicher Klimaschutzmaßnahmen und die Ergebnisse einer umfassenden Literaturrecherche.

5.1 Kriterien für Auswahl und Bewertung

Jede Maßnahme, die zur Umsetzung empfohlen werden kann, wird auf Grundlage der nachfolgend dargestellten Gliederung beschrieben. Darüber hinaus werden ausgewählte, weitere Maßnahmen mit Forschungs- und Entwicklungsbedarf (z. B. HTC-Kohle) sowie als Klimaschutzmaßnahme kontrovers diskutierte Maßnahmen (z. B. Ökologischer Landbau) beschrieben. Einige weitere Maßnahmen, die derzeit nicht zur Umsetzung empfohlen werden können, werden in weniger ausführlicher Form dargestellt.

Die Maßnahmenbeschreibung ist wie folgt gegliedert:

1. **Bezeichnung der Maßnahme im Titel**

2. **Beschreibung:** Die Maßnahme und der zugrunde liegende Wirkungsmechanismus werden unter Benennung der direkt beeinflussten THG-Quellen und der Referenzsituation beschrieben. Hinweis auf „Umkehrbarkeit“, d. h. Unterscheidung zwischen reversiblem Aufbau von Kohlenstoffspeicher und dauerhaften Emissionsminderungseffekten.
3. **Maßnahmenszenario:** Bezugseinheit für die Darstellung von Wirkungen und Kosten (z. B. je Hektar Fläche, je Input- oder Outputeinheit, z. B. je Holzhaus), angenommener Umfang der Maßnahmenumsetzung im Vergleich zur Referenzsituation, zeitlicher Bezug für die Maßnahmenumsetzung.

4. **THG-Minderungspotenzial:** Wirkung der Maßnahme auf die THG-Bilanz je Bezugseinheit und/oder bezogen auf das Maßnahmenszenario. Soweit dies sinnvoll ist kann auch das theoretisch erreichbare, technische THG-Minderungspotenzial ausgewiesen werden.
5. **Kostenwirksamkeit:** Einzelwirtschaftliche Minderungskosten in Euro je Tonne CO_2-Äquivalent („global warming potenzial“) ohne Subventionswerte durch staatliche Maßnahmen; soweit möglich Hinweise auf Verwaltungskosten.
6. **Potenzielle Verdrängungseffekte:** Indirekte Wirkungen der Maßnahmen wie Flächenkonkurrenzen und Verlagerungseffekte werden ausgewiesen und ins Verhältnis zu den direkten Wirkungen gestellt.
7. **Andere Umweltwirkungen:** Es wird benannt, welche positiven und negativen Auswirkungen auf andere Umwelt- und Naturschutzziele bestehen (Schutz von Luft, Boden, Wasser, Biodiversität, Landschaft).
8. **Abbildung in der Emissionsberichterstattung:** Es wird geprüft, inwieweit die Maßnahmenumsetzung und damit verbundene Minderungseffekte erfasst werden können und Eingang in die nationale THG-Bilanz finden.
9. **Mögliche Politikmaßnahmen** zur Umsetzung der Maßnahme.
10. **Bewertung** der Maßnahme; sonstige Anmerkungen, z. B. über Unsicherheiten, weiteren Forschungsbedarf, Synergien und Konflikte mit anderen Klimaschutzmaßnahmen.

Die Beschreibungen stellen den aktuellen Diskussionsstand dar und müssen insbesondere bezüglich der Ermittlung der Minderungspotenziale und der Kostenwirksamkeit weiter bearbeitet werden. Bei der Darstellung werden i. d. R. die direkten Effekte berücksichtigt, und nur soweit dies vermerkt ist werden auch indirekte Effekte der Maßnahmen einbezogen.

Indirekte Effekte entstehen allgemein formuliert, wenn sich im Zuge der Maßnahmenumsetzung die Inanspruchnahme von Flächen und anderen Produktionsfaktoren (Arbeit, Kapital), der Einsatz von Vorleistungen (z. B. Dünge- und Futtermittel) oder die land- und forstwirtschaftlichen Produktionsmengen und deren Verwendung verändern. Dadurch können Verlagerungs- und Verdrängungseffekte, Anpassungen in der Bereitstellung von Vorleistungen und Veränderungen der Produktverwendung ausgelöst werden.

Als negative Nebenwirkung auf THG-Emissionen und andere Umweltziele sind insbesondere indirekte Landnutzungsänderungen in der Diskussion. Indirekte Landnutzungsänderungen werden beispielsweise verursacht, wenn auf vorherigen Nahrungs- oder Futtermittelflächen Rohstoffe für Bioenergie angebaut werden. Ursache hierfür ist, dass bei unveränderter Nachfrage die zuvor angebauten Nahrungs- und Futtermittel in anderen Teilen der Welt produziert werden. Dies geschieht entweder, indem bisher ungenutzte Flächen in die Produktion genommen werden oder der bisherige Anbau intensiviert wird. Beide Maßnahmen führen zu erhöhten $CO_{2äq}$-Emissionen. Entsprechend können auch andere Maßnahmen, die eine Verminderung land- und forstwirtschaftlicher Produktionsmengen zur Folge haben, indirekte Landnutzungsänderungen auslösen. Auch positive Nebeneffekte können auftreten, z. B. eine Effizienzsteigerung in der Produktion,

die Vermeidung von Verlusten und Abfällen in der Produktionskette, oder die Verdrängung von Verfahren mit hohen THG-Emissionen.

5.2 Maßnahmenüberblick

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über alle näher beschriebenen THG-Minderungsmaßnahmen. Als Auswahl aus den Bewertungskriterien werden das THG-Minderungspotenzial und die Kostenwirksamkeit ausgewiesen. Soweit hierzu Einschätzungen vorliegen, werden die Minderungspotenziale in Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ pro Jahr für Deutschland dargestellt, in Klammern werden Minderungspotenziale pro Hektar angegeben. Zur Kostenwirksamkeit werden nur Größenordnungen wiedergegeben, da diese stark von den jeweiligen Rahmenbedingungen abhängt. Die Beschreibungen geben den Stand des Wissens wieder. Bezüglich vieler Maßnahmen besteht weiterer Forschungsbedarf. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Abschätzung der Nettowirkungen unter Berücksichtigung indirekter Effekte dar. Da zwischen den technischen, theoretisch erreichbaren Potenzialen und den ökonomisch realisierbaren Potenzialen erhebliche Differenzen auftreten, besteht Forschungsbedarf auch bezüglich der weiteren Quantifizierung der Minderungspotenziale.

Beispielsweise stehen die Wirkungen der Maßnahmen im Waldbau und in der Holzwirtschaft in Wechselwirkung zueinander. Der weitere Aufbau des Holzvorrats im Wald steht in einem antagonistischen Verhältnis zu einer verstärkten Holzverwendung und damit dem Aufbau von C-Speichern in Holzprodukten sowie der Substitution THG-intensiver Rohstoffe, z. B, im Bausektor.

Nicht als Klimaschutzmaßnahme in der Landwirtschaft aufgeführt wird die Reduzierung der Tierhaltung. Auf die Tierhaltung lassen sich etwa 3/4 der kumulierten THG-Emissionen des deutschen Agrarsektors zurückführen (Osterburg et al., 2009) Eine Einschränkung der Tierproduktion würde zwar zu einer Verringerung der direkten Emissionen in Deutschland führen, ohne Anpassung des Verbraucherverhaltens würde sich die Produktion aber ins Ausland verlagern und dort die Emissionen erhöhen.

Die folgende Tabelle gibt anhand der Maßnahmenbezeichnung, des THG-Minderungspotenzials und der Kostenwirksamkeit einen kurzen Überblick über die untersuchten Maßnahmen.

Tabelle 5.1: Übersicht über die untersuchten Klimaschutzmaßnahmen

Kap.-Nr.	Maßnahme	Minderungspotenzial Mio. t $CO_{2\text{-Äq.}}$ u. Jahr *	Kostenwirksamkeit in € / t $CO_{2\text{-Äq.}}$	Kommentar
5.3	**Handlungsoptionen im Bereich der Landwirtschaft**			
5.3.1	**Optionen für die landwirtschaftliche Produktion**			
5.3.1.1	Verbesserung der N-Produktivität der Düngung und Reduzierung von N-Überschüssen	5,8	~ < 50	kumulierte Wirkung verschiedener Maßnahmen zur N-Düngung
5.3.1.2	Teilflächenspezifische Düngung (Präzisionslandbau)	(0,3 t $CO_{2\text{-Äq.}}$ / ha)	>= 50	geeignet vor allem für Marktfruchtbau
5.3.1.3	CULTAN-Düngung	-	-	weiterer Forschungsbedarf
5.3.1.4	Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren	(0,2 t $CO_{2\text{-Äq.}}$ / ha)	< 50	weiterer Forschungsbedarf
5.3.1.5	Stickstoffoptimierte Fütterung	0,3	~ <= 0	bei Milchkühen und Mastschweinen
5.3.1.6	Optimierung der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern	0,6	<50 - >150	Ziel ist vor allem die Minderung von NH_3-Emissionen
5.3.1.7	Erhöhung der Tierleistung, insbesondere bei Milchkühen	-	-	findet selbstläufig statt
5.3.1.8	Einsatz von Futterzusatzstoffen zur Verminderung von CH4-Emissionen	-	-	weiterer Forschungsbedarf
5.3.1.9	Umbau des Rinderbestandes mittels Sperma-Sexing	-	-	weiterer Forschungsbedarf
5.3.1.10	Effizienter Energieeinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben	1,4 - 2,4	< 50	bei 15-25% Einsparpotential
5.3.1.11	Erhöhung des Anteils des Ökologischen Landbaus	0,4 - 0,9	~ 50	bei Verdoppelung der Fläche; produkt-bezogene THG-Minderung ist umstritten
5.3.1.12	Einbau von HTC-Kohle in landwirtschaftlich bewirt-schaftete Böden	-	-	weiterer Forschungsbedarf
5.3.1.13	Weitere potentielle Klimaschutzmaßnahmen in der land-wirtschaftlichen Produktion			
	Erhöhung des organischen Kohlenstoffgehalts in Ackerböden	-	-	keine eindeutige THG-Minderung
	Vermeidung von Bodenverdichtungen durch Fahrspuren und Unterlassung der N-Düngung in den Fahrspuren	-	-	Wirkung nicht quantifiziert
	Substitution von chemisch-synthetischen N-Düngern durch den Einsatz von Leguminosen	-	-	komplexe Wirkungen, nicht bewertet
	Substitution von importierten Sojafuttermitteln durch im Inland erzeugte Körnerleguminosen	-	-	komplexe Wirkungen, nicht bewertet
	Weide- oder Stallhaltung von Rindern	-	-	komplexe Wirkungen, nicht bewertet
5.3.2	**Energetische Nutzung landwirtschaftlich erzeugter Biomasse**			
5.3.2.1	Optimierung der Klimaschutzwirkungen der Stromerzeugung aus Biogas	> 5	< 50 - > 100	Abdeckung Gärrestlager, Wärmenutzung, Einsatz von Wirtschaftsdünger
5.3.2.2	Anbau von Kurzumtriebsplantagen zur energetischen Nutzung	(~ 10 t $CO_{2\text{-Äq.}}$ / ha)	<0 - > 50	Flächenpotential z.Z. nicht einschätzbar
5.3.2.3	Einsatz von Biokraftstoffen	-	-	nicht für Klimaschutz empfohlen
5.3.3	**Landwirtschaftliche Flächennutzung und Torfabbau**			
5.3.3.1	Erhaltung von Dauergrünland	2,5 - 3,1	~ 50	Erhaltung von C-Speichern hat Vorrang
5.3.3.2	Umbruchlose Grünlanderneuerung	-	-	Wirkung nicht quantifiziert
5.3.3.3	Umwandlung von Acker- zu Dauergrünland	(>10 t $CO_{2\text{-Äq.}}$/ ha; 20 a)	-	C-Akkumulation über 20 Jahre
5.3.3.4	Dauerhafte Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren	30 - 35	~ < 70	Restaurierung von 85% der landwirt-schaftlich genutzten Moore (900 Tha)
5.3.3.5	Extensivierung der Nutzung von Mooren	(~ 5 t $CO_{2\text{-Äq.}}$ / ha)	> 100	Anhebung des Wasserstandes wichtig
5.3.3.6	Keine Neudrainage, Erneuerung und Vertiefung von Drainagen in Mooren	-	-	Flankierende Maßnahme für den Moorschutz
5.3.3.7	Nutzung von nassen Mooren	-	-	Flankierende Maßnahme für den Moorschutz
5.3.3.8	Reduzierung der Torfverwendung	1,4	~ < 50	Verfügbarkeit Ersatzsubstrate limitierend
5.4	**Handlungsoptionen im Bereich der Forstwirtschaft**			
5.4.1	Aufforstung und Wiederaufforstung	0,017 - 0,052	~ > 50	Verdopplung der Aufforstungsfläche / a
5.4.2	Beschleunigte Wiederbewaldung nach Kalamitäten	0,075 - 0,093	-	Vorziehen der CO_2-Speicherung
5.4.3	Veränderung der Umtriebszeit	-18,8 - +22,7	-	weiterer Forschungsbedarf
5.4.4	Veränderung der Baumartenwahl	0,0265(20a) - 0,245(40a)	-	weiterer Forschungsbedarf
5.4.5	Wiedervernässung von Moorwäldern	0,7	< 50	
5.5	**Handlungsoptionen im Bereich der Holzwirtschaft**			
5.5.1	Erhöhung der stofflichen Nutzung	~ 4,7 + 8,4 + 3,9 (∑=17)	-	Speicherwirkung + stoffliche + energe-tische Substitutionswirkung, ist in Kombination mit Maßnahmen 5.4.1 - 4 zu bewerten, weiterer Forschungsbedarf
5.5.2	Steigerung der Effizienz beim Holzrohstoff- und Energieeinsatz in der Holzindustrie	> 0,015	-	ausgehend von 1% Stromeinsparung /a, weiterer Forschungsbedarf
5.5.3	Erhöhung der stofflichen Verwendung von Altholz	-	-	Verwendung von 100% Altholz in Spanplatten, negative Auswirkungen mgl., weiterer Forschungsbedarf

~: Angabe zur Kostenwirksamkeit unsicher.

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Basis der Maßnahmenbeschreibungen in Kapitel 5.3.

5.3 Handlungsoptionen im Bereich der Landwirtschaft

5.3.1 Optionen für die landwirtschaftliche Produktion

5.3.1.1 Verbesserung der N-Produktivität der Düngung und Reduzierung von N-Überschüssen

Beschreibung: Zu den wichtigsten Ursachen der Treibhausgasemission aus der Landwirtschaft zählt der Einsatz von Stickstoffdüngern. Ihre Anwendung ist verbunden mit direkten N_2O-Emissionen aus den gedüngten Böden, indirekten N_2O-Emissionen, die eine Folge des Austrags reaktiver Stickstoffverbindungen wie Nitrat und Ammoniak sind, sowie Emissionen, die im Zuge der Herstellung von N-Mineraldünger und des Transports der Düngemittel auftreten. Die Höhe direkter und indirekter Treibhausgasemissionen hängt neben der Höhe des N-Eintrags von einer Vielzahl von standörtlichen, klimatischen, pflanzenbaulichen, technischen und Management-anhängigen Faktoren ab. Die Maßnahme zielt auf eine Erhöhung der N-Produktivität (Relation von N-Output zu N-Input), die eine Senkung der N-Überschüsse bei Erhaltung eines hohen Ertragsniveaus erlaubt. Dadurch wird nicht produktiv eingesetzter Stickstoff eingespart, z. B. durch Reduktion der N-Mineraldüngung, während indirekte Effekte aufgrund verringerter Erträge vermieden werden. Die Anpassung erfolgt u. a. durch Optimierung der Düngeplanung und der Düngerausbringungstechniken, -mengen und -zeitpunkte. Die Maßnahmen 5.3.1.2 bis 5.3.1.6 tragen zur Erhöhung der N-Produktivität bei, die Wirkungen sind meist nicht addierbar, sondern überschneiden sich. Einsparungspotenziale bestehen offenbar noch durch eine bessere Anrechnung und Ausnutzung von Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern, wodurch N-Mineraldünger eingespart werden kann.

Maßnahmenszenario: Gemäß Nachhaltigkeitsstrategie sollen die Gesamtbilanzüberschüsse ab dem Jahr 2010 auf 80 kg/ha LF gesenkt werden. Der N-Überschuss lag in den vergangenen Jahren über 80 kg/ha. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass der N-Saldo im Agrarsektor durch ein Bündel von Maßnahmen um 20 kg/ha gesenkt wird. Dieses Ziel ist kurz- bis mittelfristig erreichbar.

THG-Minderungspotenzial: Unter der Annahme, dass die Senkung des N-Überschusses über eine Einsparung von N-Mineraldünger erfolgt, können ca. 330.000 t N eingespart werden. Bei einer Minderung der THG-Emissionen in Höhe von 17,5 kg $CO_{2\text{-äq}}$/kg eingespartem Rein-Stickstoff (Flessa et al., 2012) ergibt sich eine Emissionsminderung von insgesamt 5,77 Mio. t $CO_{2\text{-äq}}$/Jahr. Auf die N-Mineraldüngerproduktion entfallen dabei knapp 2,5 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$, der größere Teil entsteht durch direkte und indirekte N_2O-Emissionen der landwirtschaftlichen Düngung.

Kostenwirksamkeit: Die THG-Vermeidungskosten sind bei der Einsparung nicht produktiv eingesetzter N-Mengen theoretisch sehr gering, zum Teil können die eingesparten Kosten sogar den Mehraufwand überstiegen. Die in den letzten Jahren stark gestiegenen N-Preise tragen zur Verbesserung der Kostenwirksamkeit bei. Im Falle notwendiger Investitionen in neue Ausbringungstechnik oder Lagerraum für Wirtschaftsdünger, bei zusätzlicher Arbeitsbelastung oder Einsatz von Lohnunternehmen können aber auch erhöhte Kosten anfallen. Zu bedenken ist ferner, dass

eine Senkung der N-Belastungen auch zu anderen Umweltzielen beiträgt, weshalb die Kosten nicht allein dem Klimaschutz angelastet werden sollten. Bei Vermeidungskosten von 0,5 € je vermiedenes kg N ergeben sich THG-Vermeidungskosten von 28,5 €/t $CO_{2\text{-äq.}}$, bei 1 €/kg N sind es 57 €/t $CO_{2\text{-äq.}}$.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Da die analysierte Maßnahme eine hohe Ausnutzung des Düngestickstoffs bei Erhaltung hoher Erträge anstrebt, treten keine Verdrängungseffekte durch Produktionsverlagerung auf. Die chemische Industrie wird ab 2013 auch mit ihren N_2O-Emissionen dem EU-Handelssystem unterliegen. Die Einsparung von N-Mineraldünger kann im EU-Handelssystem für THG-Emissionszertifikate zur Freisetzung von Zertifikaten führen. Deshalb könnten die Emissionsrechte an eine andere Produktionsaktivität verlagert werden, die Wirkung der verminderten N-Produktion wird dann nicht wirksam. Dieser mögliche, indirekte Effekt kann nur durch entsprechende Anpassungen im EU-Handelssystem für THG-Emissionszertifikate eingeschränkt werden.

Andere Umweltwirkungen: Die Steigerung der N-Produktivität und Minderung der NH_3-Emission haben zahlreiche positive Effekte auf andere Umweltziele, darunter Gewässerschutz und Biodiversität (Beschränkung von Eutrophierung und Versauerung).

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die Einsparung von N-Mineraldünger wird in der Emissionsberichterstattung erfasst, sie wirkt sich emissionsmindernd aus. Die Anpassungen in der N-Mineraldüngerproduktion werden in der chemischen Industrie erfasst, im Fall von Importen findet sich die Wirkung nicht im deutschen THG-Inventar.

Mögliche Politikmaßnahmen: Eine Optimierung der Ausbringung von N-Dünger kann u. a. durch folgende Instrumente unterstützt werden: Anpassung des ordnungsrechtlichen Rahmens für die Düngung (Düngeverordnung, DüV), Informationskampagnen, Beratung zur Düngeplanung, Agrarumweltmaßnahmen, investive Förderung für verbesserte Düngerausbringungstechnik und Güllelagerraum. Ein neues Bewertungsverfahren für die Qualität von Backweizen könnte es ermöglichen, die späte N-Düngung im Qualitätsweizen zu reduzieren (vgl. Flessa et al., 2012), hierzu ist weitere Forschung und Entwicklung notwendig.

Bewertung: Die Senkung des sektoralen N-Überschusses ist ein zentrales umwelt- und klimaschutzpolitisches Ziel. Für die Fortschreibung des Aktionsprogramms zur EU-Nitratrichtlinie in Deutschland ist die DüV durch eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe evaluiert worden. Darauf aufbauend wurden Änderungsvorschläge vorgelegt, die eine Verbesserung der pflanzenbedarfsgerechten Düngung und damit auch eine Erhöhung der N-Produktivität ermöglichen. Die Maßnahmen umfassen u. a. eine stärkere Einschränkung der Wirtschaftsdüngerausbringung im Herbst, erhöhte Anforderungen an Ausbringung und Einarbeitung von Wirtschaftsdünger, eine Verbesserung der Kalkulation der Nährstoffsalden und des Vollzugs bei Saldenüberschreitung, und eine Einbeziehung von Gärresten pflanzlicher Herkunft in Ausbringungsobergrenzen für organischen Stickstoff. Die Novelle der DüV sollte auch aus klimaschutzpolitischer Sicht möglichst sachgerecht und zeitnah umgesetzt werden, die Begleitung und Evaluierung sollte fortgesetzt werden. Im Rahmen der ELER-Programme sollten mögliche Förderungen weiterentwickelt und zur weiteren Verbesserung der Düngepraxis eingesetzt werden. Zur Anpassung an neue Anforderungen der

DüV sollte insbesondere die Beratung sowie Investitionen in Gülleausbringungstechnik und Lagerraum gefördert werden.

Die Vorläuferemissionen aus der Düngemittelherstellung sind von großer Bedeutung für die THG-Bilanz landwirtschaftlicher Produkte. Die Ausweisung eines international abgestimmten CO_2-Fußabdrucks für unterschiedlich klimabelastende Verfahren der Düngemittelherstellung könnte in Kombination mit einem Herkunftsnachweis ein neuer Ansatzpunkt für mehr Klimaschutz in der landwirtschaftlichen Produktion sein. Ein durch Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft veränderter N-Mineraldüngerabsatz sollte im EU-Handelssystem für THG-Emissionszertifikate über eine entsprechende Verknappung der Zertifikate berücksichtigt werden.

5.3.1.2 Teilflächenspezifische Düngung (Präzisionslandbau)

Beschreibung: Die teilflächenspezifische Düngung ist Teil des Präzisionslandbaus. Dabei wird der Nährstoffbedarf der Pflanzen im Raum und idealerweise auch in der Zeit durch Ertragskarten, eine online-gestützte Sensortechnik oder den Einsatz von modell-basierten, künstlichen neuronalen Netzen genauer bestimmt. Durch die bedarfsgerechtere Stickstoffdüngung können Stickstoffüberschüsse vermieden, die Stickstoffproduktivität verbessert und letztendlich die direkten und indirekten N_2O-Emissionen verringert werden. Im Falle der Einsparung von Mineraldünger sind weiterhin verringerte Treibhausgasemissionen aus dem vorgelagerten Bereich der Düngemittelherstellung anzurechnen.

Maßnahmenszenario: Kurzfristig erreichbare Senkung des mineralischen N-Düngers durch eine teilflächenspezifische Düngung.

THG-Minderungspotenzial: Beim Karten-/Offline-Ansatz werden Bewirtschaftungsentscheidungen auf Basis von Ertragspotenzialkarten getroffen. Durch die Kenntnis über teilflächenspezifische Ertragspotenziale können Überschüsse auf ertragsschwachen Flächen vermieden werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass der Kartenansatz zwar zu N-Einsparungen und Produktivitätserhöhungen führen kann, dass die Prognosen jedoch unsicher sind und deshalb das mögliche THG-Minderungspotenzial sehr stark variiert.

Ein größeres Minderungspotenzial wird dem Sensoren-/Online-Ansatz zugeschrieben. Der Stickstoffbedarf wird dabei anhand von verschiedenen Parametern im Pflanzenbestand gemessen. Allerdings gilt auch bei diesem Ansatz, dass das Minderungspotenzial sehr unterschiedlich ausfallen kann. Feldversuche weisen auf ein mittleres Einsparpotenzial von ca. 18 kg N/ha und damit 315 kg $CO_{2\text{-äq.}}$/ha hin (Flessa et al., 2012).

Modell-basierte, künstliche neuronale Netze bieten eine weitere Möglichkeit, den Düngerbedarf genauer zu ermitteln und N-Überschüsse dadurch zu verringern. Entsprechende Modelle verarbeiten diverse Daten und Informationen und leiten anhand verschiedener Muster Entscheidungsalgorithmen ab. Der Ansatz stellt eine vielversprechende Technologielösung dar, die allerdings gegenwärtig für einen Einsatz in der Praxis noch nicht ausgereift ist.

Kostenwirksamkeit: Die Kostenwirksamkeit hängt sehr vom teilflächenspezifischen Düngungsansatz, den notwendigen Investitionen und des Umfangs der Ackerfläche ab. Für eine sensorgestützte Düngung wurden mithilfe von Modellberechnungen für niedersächsische Betriebe THG-Vermeidungskosten in Höhe von 51 bis zu 327 €/t $CO_{2\text{-äq}}$ ermittelt.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Verdrängungseffekte sind nicht zu erwarten.

Andere Umweltwirkungen: Die Reduzierung von N-Überschüssen und Verbesserung der Stickstoffproduktivität haben deutlich positive Umweltwirkungen. Zu nennen ist insbesondere eine verminderte Stickstoffbelastung im Boden und in Gewässern sowie ein geringerer Artenverlust.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die Einsparung von N-Mineraldünger wird in der Emissionsberichterstattung erfasst, sie wirkt sich emissionsmindernd aus.

Mögliche Politikmaßnahmen: Für eine stärkere Etablierung der teilflächenspezifischen Düngung bieten sich u. a. folgende Instrumente an: Anpassung des ordnungsrechtlichen Rahmens für die Düngung (DüV), Informationskampagnen, Investitionsförderung.

Bewertung: Durch die Einsparung von N-Mineraldünger infolge der teilspezifischen Düngung sind deutliche THG-Einsparpotenziale sowohl in der Düngemittelbereitstellung als auch im Bereich der direkten und indirekten N_2O-Emissionen nach der Düngung möglich.

5.3.1.3 CULTAN-Düngung

Beschreibung: Die Nitratverfügbarkeit in Böden ist ein entscheidender Faktor für die Höhe der N_2O-Emission. Als ein möglicher Ansatz zur Reduktion direkter und indirekter N_2O-Emissionen wird u. a. das CULTAN-Verfahren (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) diskutiert. Bei der NH_4^+-Depotdüngung im CULTAN-Verfahren wird nitratfreie Düngerlösung mit einem hohen Anteil an Ammonium mittels einer speziellen Form der Düngerinjektion bzw. platzierten Düngung ausgebracht. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass im Boden durch spezielle Schare und Techniken Ammoniumdüngemittel punkt- oder linienförmig in den Wurzelraum als hochkonzentrierte Depots angelegt werden. Die Wurzeln der Pflanzen wachsen gezielt zu den Grenzflächen des Depots (hier wirken die NH_4^+-Depots nicht mehr toxisch) und nehmen das NH_4^+ auf. Durch die Hemmung der Nitrifikation und damit auch der Denitrifikation sowie der Nitratauswaschung wird angenommen, dass sowohl die direkten als auch die indirekten N_2O-Emissionen im Vergleich zur konventionellen breitflächigen Düngung verringert sind.

Maßnahmenszenario: Kurzfristig erreichbare Senkung der N_2O-Emissionen durch Düngung.

THG-Minderungspotenzial: Durch die nitrifikationshemmende Wirkung des CULTAN-Verfahrens kann der Einsatz von nitrathaltigen Düngern eingeschränkt werden, was wiederum zu niedrigeren N_2O-Emissionen führt. Aufgrund der einmaligen Gabe des NH_4^+-Depots im Frühjahr, die in Abhängigkeit der Kulturart mit anderen Arbeitsgängen wie Saat und Pflege kombiniert werden kann, ergeben sich Einsparungen an Arbeitsgängen und entsprechend an Kraftstoffverbrauch. Unter der Annahme, dass „konservierende Bodenbearbeitung und CULTAN“ kombiniert werden, ergibt sich eine Emissionsminderung durch den geringeren Dieselverbrauch von rund 7,8 kg $CO_{2\text{-äq.}}$/ha und

Jahr. Mehrere Studien weisen zudem darauf hin, dass die N-Produktivität der Düngung durch das CULTAN-Verfahren verbessert werden kann (Literatur in Spiess et al., 2006). Auch gibt es Hinweise, dass durch eine bessere Verwertung der N-Düngung die N-Aufwandmengen um 20 bis 25 % ohne Ertragseinbußen verringert werden können. Die wenigen Ergebnisse, die bisher zur Wirkung des CULTAN-Verfahrens auf die N_2O-Emission vorliegen, lassen jedoch derzeit keine gesicherte Bewertung der Klimawirksamkeit zu. Hierzu fehlen insbesondere Langzeitstudien an unterschiedlichen Standorten.

Kostenwirksamkeit: Die Kostenwirksamkeit der CULTAN-Düngung wird in erster Linie durch die eingesparten Dünger- und Maschinenkosten und die zusätzlichen Lohnarbeitskosten bestimmt. Je nach betrieblicher Situation können sich Vermeidungskosten wie auch ein Vermeidungsnutzen ergeben.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Unter der Annahme, dass durch Einsatz des CULTAN-Verfahrens keine Ertragseinbußen stattfinden, können Verdrängungseffekte ausgeschlossen werden.

Andere Umweltwirkungen: Das CULTAN-Verfahren ist unter Berücksichtigung einer verminderten N-Aufwandmenge, besonders aus Sicht des Trinkwasserschutzes, interessant. Aus diesem Grund wurde CULTAN auch in das Förderprogramm der freiwilligen Vereinbarungen im Trinkwasserschutz in Niedersachsen aufgenommen und als geeignete Maßnahme zur Minimierung der Nitratauswaschungen für den Trinkwasserschutz und zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie beschrieben (Osterburg und Runge, 2007).

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die Einsparung von N-Mineraldünger wird in der Emissionsberichterstattung erfasst, sie wirkt sich emissionsmindernd aus.

Mögliche Politikmaßnahmen: Eine stärkere Etablierung der CULTAN-Düngung kann u. a. durch folgende Instrumente unterstützt werden: Informationskampagnen bezüglich der ökonomischen und ökologischen Vorteile, Förderung im Rahmen von Agrarumweltprogrammen.

Bewertung: Für CULTAN-Verfahren selbst gibt es bisher noch keine belastbaren Daten zur Reduzierung von treibhausrelevanten Emissionen. Sobald der Einsatz des CULTAN-Verfahrens eine Einsparung der Düngeraufwandmenge zur Folge hat, ist von einer Reduzierung der Emissionen zur Herstellung der mineralischen N-Düngemittel auszugehen. Sollte sich in weiteren Studien bestätigen, dass das CULTAN-Verfahren ein entsprechend hohes Potenzial zur Steigerung der N-Produktivität aufweist, ist es als Klimaschutzmaßnahme sehr interessant. Hier besteht Forschungsbedarf, da eine abschließende Bewertung aufgrund der relativ kleinen Zahl an wissenschaftlich gesicherten Ergebnissen noch nicht möglich ist.

5.3.1.4 Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren

Beschreibung: N_2O- und NO-Emissionen aus mineralischen aber auch organischen Ammonium-Düngemitteln lassen sich durch den praxisgerechten Einsatz von Nitrifikationshemmern senken (Akiyama, 2010; Pfab 2009); die Verringerung der N_2O und NO-Emissionen ist jedoch von stand-

ort-spezifischen Faktoren abhängig[9]. Der Einsatz von Nitrifikationshemmern kann auch zur Verminderung von Nitrat-Auswaschverlusten führen und somit zur Verminderung von indirekten N_2O-Emissionen.

Mineralische N-Dünger mit Nitrifikationsinhibitoren (NI) werden als fertige Mischungen vertrieben und ebenso wie nichtstabilisierte Düngemittel auf das Feld aufgebracht. Zu Wirtschaftsdüngern wird eine Nitrifikationsinhibitoren-(NI)-Lösung vor dem Ausbringen zudosiert; die Zugabe erfolgt dabei unter Berücksichtigung der zu bearbeitenden Fläche und nicht anhand des N-Gehalts des Wirtschaftsdüngers.

Maßnahmenszenario: Neuseeland ist bisher das einzige Land, das verminderte N_2O-Emissionen bei Anwendung von NI für die nationale Emissionsberichterstattung aufführt. Neuseeland verwendet einen um 25 % verminderten Emissionsfaktor, daher wird dieser Wert als vorsichtige Schätzung für das Szenario verwendet. In der Literatur wird allerdings weite Spanne für die N_2O Reduktion bei Verwendung von NI angegeben; die Angaben schwanken zwischen 30 bis 80 % (Kim et al., 2012).

THG-Minderungspotenzial: Für eine mittlere Düngemittelgabe von 150 kg N/ha nach Abzug der NH_3- und NO-Emissionen gemäß der deutschen Emissionsberichterstattung ergeben sich theoretische THG-Minderungspotenziale in Höhe von ca. 230 kg $CO_{2Äq}$/ha. Im Jahr 2009 wurden 1467 t N-Mineraldünger und 792 t N aus Wirtschaftsdüngern in Deutschland verwendet, dies entspricht etwa 59 % der insgesamt für den Sektor Landwirtschaft zu berücksichtigten N-Menge. Hinzu kommt die Menge N, die durch die Gärrestapplikation aufgebracht wird und derzeit in der nationalen Emissionsberichterstattung nicht aufgeführt wird. Geht man von der vereinfachten Annahme aus, dass sich bei 50 % der Mineraldüngermenge eine 25 % N_2O-Reduktion erzielen lässt, dann beträgt das jährliche theoretische THG-Minderungspotenzial für den Sektor Landwirtschaft 1,1 Mio. t $CO_{2Äq.}$ Bei dieser Betrachtung sind mögliche THG-Reduktionen, die sich durch verminderte Nitrat- und Stickoxid-Emissionen ergeben, noch nicht berücksichtigt. Verringerte Nitrat- und Stickoxid-Emissionen würden zusätzlich die indirekten N_2O-Emissionen herabsetzen. Das theoretische THG-Reduktionspotenzial, das durch den Einsatz von NI erreicht werden könnte, ist somit erheblich.

Kostenwirksamkeit: Die Kosten für die THG-Minderung kann für Mineraldünger (mit Ausnahme von Nitratdüngern) als Funktion der Preisdifferenz zwischen stabilisiertem und konventionellem N-Dünger angegeben werden. Bei einer Preisdifferenz zwischen konventionellen und stabilisier-

[9] Lachgasemissionen werden von mehreren, teilweise voneinander abhängigen, biogeochemischen Faktoren sowie vom Klima beeinflusst. In der wissenschaftlichen Literatur wird die Bedeutung der einzelnen Faktoren unterschiedlich bewertet (Mutegi et al., 2010; Pathak und Nedwell, 2001; Lesschen et al., 2011; Velthof, 2011; Senbayram et al., 2012; López-Valdez et al., 2011). Einigkeit besteht lediglich darüber, dass die auf den Acker aufgebrachte N-Menge, insbesondere bei Gaben >200 kg/ha, einen entscheidenden Einfluss hat (Bouwman et al., 2002; Stehfest und Bouwman, 2006, Fuß et al., 2011). Unter bestimmten Standort- und Anbaubedingungen kann eine hohe Konzentration an mineralischen N-Verbindungen im Boden (insbesondere Nitrat) zu hohen Freisetzungen an Lachgas führen (Jungkunst, 2006; Jahangir et al., 2012; Ruser et al., 2006). Diese These wird von mehreren Autoren unterstützt. Steigt die Nitratkonzentrationen im Boden über einer bodentyp-abhängigen Grenzkonzentration, erhöht sich die Lachgasbildung signifikant in Anwesenheit vom abbaubarem Kohlenstoff (Senbayram et al., 2012). Schils weist darauf hin, dass input-basierte Emissionsfaktoren nur eine erste Näherung darstellen (Schils et al., 2008).

tem N-Dünger von 28 bzw. 13 €/ha ergeben sich THG Verminderungskosten von 40 bzw. 19 €/t $CO_{2Äq.}$ Die THG-Vermeidungskosten sinken mit steigender N_2O-Reduktion bei Verwendung von NI. Bei 50 % N_2O-Reduktion sinken die THG-Vermeidungskosten auf 20 bzw. 9 €/t $CO_{2Äq.}$ Bei dieser Berechnung sind die Einsparungen, die sich aus dem geringeren Mineraldüngerbedarf und ggf. geringerer Nitratauswaschung ergeben, noch nicht berücksichtigt.

Für Wirtschaftsdünger werden NI-Lösungen verwendet, Düngemittelhersteller empfehlen Gaben von 4 bis 7 l NI-Lösung/ha. Bei einer Gabe von 150 kg N/ha und eine NI-Applikationsmenge von 7 bzw. 4 l/ha resultieren THG Vermeidungskosten von 138 bzw. 79 €/t $CO_{2Äq.}$ Bei 50 % N_2O-Reduktion sinken die THG-Vermeidungskosten auf 69 bzw. 39 €/t $CO_{2Äq.}$ Die THG-Vermeidungskosten bei Wirtschaftsdüngern sind somit etwa viermal höher als bei Mineraldüngern.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Beim großflächigen Einsatz von NI würde es zu vermehrten THG-Emissionen im Sektor „Chemische Industrie“ kommen, gleichzeitig würde ein geringerer Mineraldüngerbedarf die THG-Emissionen für den Sektor senken. Zur Ermittlung der Gesamtwirkung im Sektor „Chemische Industrie“ bedarf es weiterer Untersuchungen.

Andere Umweltwirkungen: Neben der Vermeidung von N_2O-Emissionen wird auch die Nitratauswaschung um bis zu 20 % reduziert[10]. Dies vermindert das Eutrophierungsrisiko für angrenzende Gewässern und das Risiko einer Nitratkontamination des Grundwassers. Andererseits können beim Einsatz von NI auf bindigen Böden vermehrt Ammoniakemissionen auftreten, insbesondere wenn der Dünger nicht direkt in den Boden eingearbeitet wird (Kim et al., 2012). Systematische Untersuchungen dazu fehlen.

Über die Wirkungen von NI bei langjähriger Anwendung insbesondere auf die Bodenmikroorganismen liegen wenig belastbare Ergebnisse vor. NI hemmen Ammonium-oxidierende Bakterien und beeinflussen somit die biologischen Vorgänge im Boden. Untersuchungen in Neuseeland haben gezeigt, dass z. B. Dicyandiamid keine negativen Auswirkungen auf die vorherrschende Bakteriengruppe und auf Regenwürmer hatte. Allerdings kann damit nicht ausgeschlossen werde, dass andere „non-target“ Organismen beeinflusst werden.

Durch die Verwendung von NI lassen sich Düngergaben zusammenlegen. Damit wird die Ausbringungshäufigkeit mindestens um eine Gabe reduziert und es kommt zu geringen THG-Einsparungen durch verringerten Dieselverbrauch.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Neuseeland ist bisher das einzige Land, welches N_2O-Emissionsfaktoren bei der Verwendung von Nitrifikationsinhibitoren gesondert ausweist (Persönliche Mitteilung Hayden Montgomery). Der Emissionsfaktor beim Einsatz von N-Inhibitoren ist 25 % geringer als der ohne Verwendung von Nitrifikationsinhibitoren. Voraussetzung ist die Erfassung der NI-haltigen Mineraldünger. Bei Wirtschaftsdünger ist die Wirkung aufgrund des höheren Managementeinflusses ungleich schwerer zu erfassen. Weitere Veränderungen werden im Sektor „Chemische Industrie“ berichtet.

[10] Siehe http://www.mfe.govt.nz/publications/climate/policy-review-05/html/page4-1-4.html

Mögliche Politikmaßnahmen: Steuerungsmaßnahmen sind derzeit aufgrund der noch existierenden Wissenslücken nicht zu empfehlen, die Forschung sollte verstärkt werden.

Bewertung: Der Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren ist für die THG-Minderung im Sektor „Landwirtschaft“ vielversprechend, zumal es bei praxisgerechter Anwendung ergänzend zu einer erhöhten N-Produktivität kommen kann. Aufgrund gravierender Wissenslücken können aber weder der nachhaltige Erfolg garantiert noch eventuelle Nebenwirkungen ausgeschlossen werden. Daher besteht hier noch erheblicher Forschungsbedarf. Dabei sind die (Umwelt-)Wirkungen in einem ökobilanziellen Ansatz umfassend zu analysieren.

5.3.1.5 Stickstoffoptimierte Fütterung

Beschreibung: Durch die Anpassung der Fütterung an den tierischen Bedarf, die Unterteilung der Tierbestände nach Leistungsklassen mit jeweils bedarfsgerechter Fütterung und den Einsatz essentieller Aminosäuren in der Schweine- und Geflügelfütterung kann die N-Ausscheidung pro Tier reduziert werden., ohne dass die Tierleistungen sinken. Dadurch werden zum einen Ammoniakemissionen der Tierhaltung verringert, zum anderen können die N-Überschüsse sinken, da weniger Wirtschaftsdünger-Stickstoff anfällt, der i. d. R. nicht so produktiv verwertbar ist wie Mineraldünger. Dadurch gehen die direkten und indirekten N_2O-Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung und der Düngung zurück.

Maßnahmenszenario: Über die derzeitige Verbreitung N-reduzierter Fütterungsverfahren liegen keine umfassenden Daten vor. Es ist davon auszugehen, dass die Potenziale vor allem in der Geflügel- und möglicherweise auch in der Schweinehaltung weitgehend ausgeschöpft sind. In der Mastrinderhaltung und der Färsenaufzucht ist eine Optimierung nur begrenzt umsetzbar, daher wird im Folgenden die Fütterung von Milchkühen und Schweinen betrachtet.

THG-Minderungspotenzial: In der Literatur wird eine Minderung der N-Ausscheidungen von über 10 % bei Milchkühen und von über 15 % in der Schweinemast angegeben (Flessa et al., 2012). Unter der Annahme, dass die N-Ausscheidung des Milchkuh- und Schweinebestands in Deutschland um jeweils 5 % reduziert werden kann, ergibt sich eine THG-Minderung in der Größenordnung von 0,3 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$. Durch Einsparungen von Proteinfuttermitteln entstehen ggf. weitere Emissionsminderungen, der Einsatz höherwertiger Komponenten (Sojaschrot, synthetische Aminosäuren) kann die Minderungswirkung dagegen schmälern.

Kostenwirksamkeit: Die Mischung von N-optimierten Futtermitteln ist nicht grundsätzlich mit höheren Kosten verbunden, Döhler et al. (2011) gehen von Kosteneinsparungen aus. Zusätzliche betriebliche Kosten können durch erhöhte Managementanforderungen sowie durch Investitionen entstehen, die eine Bildung von Leistungsgruppen und eine gruppen- oder tierspezifische Zuteilung von Futter ermöglichen. Diese Kosten hängen stark von der Ausgangssituation ab und sind daher nicht pauschal zu bestimmen.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Es entstehen keine negativ zu bewertenden Verdrängungseffekte, da Futterressourcen eingespart und die Tierleistungen aufrechterhalten werden. Eine

Ausnahme bildet die Produktion synthetischer Aminosäuren, die mit erhöhten Emissionen in der chemischen Industrie verbunden ist.

Andere Umweltwirkungen: Die Minderung der N-Überschüsse und der NH_3-Emission hat zahlreiche positive Effekte auf andere Umweltziele, darunter Gewässerschutz und Biodiversität (Beschränkung von Eutrophierung und Versauerung).

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: In der Berichterstattung wird eine durchschnittliche, bedarfsgerechte Tierernährung unterstellt. Die Fütterung der Mastschweine und Sauen in BImSchG-Betrieben wird in der Berichterstattung bereits als N-optimiert berechnet. Eine darüber hinausgehende Minderung der N-Ausscheidung kann nur einbezogen werden, wenn die Fütterung besser statistisch erfasst wird. Ende 2011 wurde von den statistischen Ämtern eine Erhebung zur Fütterung der Mastschweine durchgeführt, auf die dabei gemachten Erfahrungen kann aufgebaut werden.

Die N-Ausscheidungen der Milchkühe können auf Basis des Milchharnstoffgehalts ermittelt werden, der routinemäßig im Zuge der Milcherfassung und der Milchleistungsprüfungen gemessen wird. Derzeit werden in der Berichterstattung die N-Ausscheidungen über leistungsangepasste Futterrationen berechnet, die praxisüblich nicht N-optimiert sind.

Mögliche Politikmaßnahmen: Fütterungsberatung, Überprüfung der Anforderungen für Mischfutter (Deklarationspflichten, Obergrenzen für die Überschreitung der angegebenen Rohproteingehalte), Verbesserung der Datengrundlagen zum betrieblichen Fütterungsmanagement, Pilotprojekte zur Auswertung privatwirtschaftlicher Datenbestände zur Fütterung (Erzeugerringe, Fütterungsberatung, Auswertung von Stallbilanzen) und zu Milchharnstoffgehalten (Milchleistungsprüfung, Molkereien), Forschung zur N-optimierter Fütterung von Milchkühen und anderen Rindern.

Bewertung: Die Maßnahme trägt zur Effizienzsteigerung in der Tierproduktion bei und wird bereits in vielen Betrieben auch ohne staatliche Förderung umgesetzt. Nachteilig ist, dass die Fütterung nur schwer systematisch zu erfassen ist, da viele Varianten mit graduellen Änderungen von Futterkomponenten berücksichtigt werden müssen, die Futterqualitäten besonders in der Rinderernährung nicht vollständig bekannt sind und die Wirkung vom täglichen Management in den Tierhaltungsbetrieben abhängt. Die eingeschränkte Kontrollierbarkeit begrenzt die Umsetzbarkeit über politische Maßnahmen, zu empfehlen ist eine Verstärkung der praxisnahen Forschung und der Beratung.

5.3.1.6 Optimierung der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern

Beschreibung: Die Abdeckung von Lagerstätten für flüssige Wirtschaftsdünger, die Lagerung in Außenlagern statt im Stall unter Spaltenböden, die bodennahe, streifenförmige Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger (Schleppschlauch auf Ackerland, Schleppschuh auf Grünland, oder Injektionstechnik) und die sofortige Einarbeitung von Wirtschaftsdüngern mit erhöhtem Ammoniak-Emissionspotenzial tragen zur Verringerung der Ammoniakverluste und damit auch zur Sen-

kung indirekter Lachgasemissionen bei. Der Ammonium-Stickstoff steht dann zur Düngung zur Verfügung und kann N-Mineraldünger ersetzen. Eine streifenförmige Ausbringungstechnik für flüssigen Wirtschaftsdünger verbessert zudem die Verteilgenauigkeit und damit die Wirksamkeit der Düngung.

Maßnahmenszenario: Es wird angenommen, dass alle Außenlager für Schweinegülle mindestens mit Schwimmfolie abgedeckt werden, die Ausbringung erfolgt mit NH_3-emissionsarmen Techniken. In Lagern für Rindergülle, die eine natürliche Schwimmschicht bilden, wird durch Zufluss unterhalb der Schwimmdecke eine geschlossene Schwimmdecke gewährleistet. Flüssige Wirtschaftsdünger werden auf bestellten Ackerflächen und Grünland bodennah und streifenförmig ausgebracht, auf unbestellten Ackerflächen sind flüssiger Wirtschaftsdünger, Geflügelkot und -mist spätestens nach vier Stunden eingearbeitet.

THG-Minderungspotenzial: Das Minderungspotenzial beträgt insgesamt ca. 60 Gg NH_3 und durch vermiedene, indirekte N_2O-Emissionen und Substitution von N-Mineraldünger (Einsparung von Emissionen aus der N-Mineraldüngerproduktion) ca. 0,6 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ an vermiedenen THG-Emissionen.

Kostenwirksamkeit: Die Kosten der verschiedenen Verfahrensänderungen variieren stark in Abhängigkeit von Lagerkapazität bzw. Geräteauslastung und Verfahrensleistung (Ausbringungsmenge im Jahr). Vermeidungskosten von 1 €/kg NH_3-Minderung entsprechen THG-Vermeidungskosten von 98 €/t $CO_{2\text{-äq.}}$. Die THG-Vermeidungskosten liegen bei Abdeckung von Schweinegüllelagern zwischen 40 und 130 €/t $CO_{2\text{-äq.}}$ und bei emissionsarmer Gülleausbringung zwischen 40 und z. T. weit über 200 €/t $CO_{2\text{-äq.}}$ (Döhler et al., 2011). Die unverzügliche Einarbeitung kann, wenn auf der Ausbringungsfläche ohnehin eine Bodenbearbeitung vorgesehen ist, kostenneutral sein, in Kleinbetrieben können jedoch arbeitsorganisatorische Probleme auftreten. Da die NH_3-Minderung ein eigenständiges Ziel darstellt (s. u.), sollten die genannten Kosten jedoch nicht allein auf das Klimaschutzziel bezogen werden.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Es treten keine negativen Verlagerungs- und Verdrängungseffekte auf. Voraussetzung ist die Anrechnung der nicht emittierten N-Menge in der Düngeplanung, da es sonst zur Verlagerung der Emissionen z. B. ins Wasser kommt.

Andere Umweltwirkungen: Minderung der NH_3-Emissionen und damit der Reduzierung von N-Deposition, Eutrophierung und Versauerung von Lebensräumen und der gesundheitsschädlichen Feinstaubbildung. Die NH_3-Emissionen müssen zur Einhaltung der EU-NEC-Richtlinie 2001/81/EG in Deutschland weiter reduziert werden.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die Maßnahme wird, eine entsprechende Datenerfassung vorausgesetzt, in der Emissionsberichtserstattung abgebildet. Aktuell werden die Daten aus der Landwirtschaftszählung 2010 und der Wirtschaftsdüngererhebung 2011 verwendet. Die Anpassungen in der N-Mineraldüngerproduktion werden in der chemischen Industrie erfasst, im Fall von Importen findet sich die Wirkung nicht im deutschen THG-Inventar.

Mögliche Politikmaßnahmen: Novelle der Düngeverordnung, Beratung, Investitionsförderung und Agrarumweltmaßnahmen (emissionsarme Gülleausbringung).

Bewertung: Die Maßnahme dient vor allem der Minderung der NH_3-Emissionen, die auch zum Klimaschutz und zur Senkung der N-Überschüsse der Landwirtschaft beiträgt. Eine Verlagerung von N-Emissionen ist zu vermeiden, dafür müssen nicht emittierte N-Mengen in der Düngeplanung angerechnet werden. Für Gärrestlagerung ist eine gasdichte Lagerung und emissionsarme Ausbringung zu fordern. Aufgrund der höheren, potentiellen Ammoniakverluste bei Ausbringung von Gärresten (höhere NH_3-Anteile, keine Lagerverluste bei gasdichter Lagerung, erhöhter pH-Wert, wodurch NH_3-Ausgasung begünstigt wird) sollten diese grundsätzlich mit emissionsmindernden Methoden ausgebracht werden (s. Maßnahme 5.3.2.1).

5.3.1.7 Erhöhung der Tierleistung, insbesondere bei Milchkühen

Beschreibung: Eine Erhöhung der Tierleistung insbesondere bei Milchkühen kann zu einer höheren Ressourceneffizienz und zu einer Reduzierung der produktbezogenen THG-Emissionen führen, da der relative Beitrag der Emissionen, die dem Erhaltungsbedarf anzurechnen sind, sinkt. Leistungssteigerungen können durch Fortschritte in der Zucht sowie durch ein verbessertes Futter- und Tiergesundheitsmanagement erzielt werden. Zu unterscheiden ist zwischen einer anzustrebenden Erhöhung der Leistung von auf einzelne Produkte (Milch bzw. Fleisch) spezialisierten Rindern und einer Erhöhung der Leistung von Doppelnutzungsrindern. Bei der Milchproduktion ist die Leistungsbewertung auf der Basis der Lebensleistung vorzunehmen, da die „Belastung“ der Milch mit Emissionen aus der unproduktiven Aufzuchtphase mit zunehmender Lebensleistung sinkt. Zu berücksichtigen ist, dass Konflikte mit dem Tierschutz und der Erhaltung der Tiergesundheit auftreten können.

Bewertung:

Eine Erhöhung der Tierleistung kann zu einer Minderung sowohl der produktbezogenen THG-Emissionen als auch der betrieblichen und sektoralen Gesamtemission führen. Letzteres ist der Fall, wenn die Gesamtproduktion mit einem verringerten Tierbestand erzielt wird. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass einer Leistungssteigerung physiologische Grenzen gesetzt sind - insbesondere bei Betrieben, die bereits eine hohe Tierleistung aufweisen. Die Erhöhung der Tierleistung wird zudem von tierhaltenden Betrieben ohnehin angestrebt, da es sich um einen wichtigen Erfolgsfaktor handelt.

Im Sinne des Klimaschutzes ist die Lebensleistung als Bewertungsmaßstab heranzuziehen, und alle erzeugten Leistungen sind zu berücksichtigen (z. B. Kälber aus der Milchproduktion und Fleisch aus der Schlachtung). Auch sekundäre Wirkungen der Leistungszunahme zum Beispiel auf die Futterration und die betriebliche Ressourceneffizienz sind zu werten.

Die Leistungssteigerung bietet ein Potenzial für die Minderung von Treibhausgasemissionen in der Tierproduktion. In wie weit dieses Potenzial realisiert wird, hängt von der Anpassung und Optimierung des gesamten Produktionssystems ab. Bei der Etablierung von Zweinutzungsrassen, insbesondere von süddeutschen Rassen wie dem Fleckvieh, ist zu berücksichtigen, dass die Ak-

zeptanz für diese Rassen bei milchleistungsorientierten Milcherzeugern in Norddeutschland derzeit gering ist.

5.3.1.8 Einsatz von Futterzusatzstoffen und züchterische Maßnahmen zur Verminderung von CH_4-Emissionen

Beschreibung: Wiederkäuer können durch im Pansen lebende Mikroorganismen strukturhaltige Kohlenhydrate für die Energie- und Nährstoffversorgung nutzen. Beim anaeroben Fermentationsprozess im Pansen entsteht als Nebenprodukt Methan (CH_4), welches von den Wiederkäuern energetisch nicht genutzt werden kann und durch die Atmung und den Ruktus entweicht. Etwa 2 bis 12 % der durch das Futter aufgenommenen Bruttoenergie gehen dadurch verloren (Johnson und Johnson, 1995; Eckard et al., 2010). Durch Futterzusatzstoffe kann der Methanbildungsprozess eingeschränkt werden. Der Schwerpunkt bisheriger Untersuchungen hierzu lag besonders auf dem Einsatz von Halogenderivaten, Ionophoren, organischen Säuren und sekundären Pflanzeninhaltsstoffen. Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen je Kilogramm tierischem Produkt (Milch, Fleisch) bei Wiederkäuern bestehen ferner in einer gesteigerten Leistung (siehe 5.3.1.7) und der Verwendung von fett-, zucker- und stärkehaltigen Futtermitteln.

Untersuchungen zum verdauungsbedingten Methanausstoß von Rindern haben gezeigt, dass z. T. deutliche Unterschiede zwischen Einzeltieren des selben Tierbestands bestehen, die nicht durch Einzeltierleistung oder Fütterung erklärt werden können. Daher wird davon ausgegangen, dass es genetische Unterschiede gibt, die den Methanausstoß beeinflussen. Durch Tierzüchtung könnten demnach Zuchtlinien mit geringerer Methanemission selektiert werden (vgl. z. B. Swalve, 2010).

Bewertung:

Eine Abschätzung des THG-Minderungspotenzials von Futterzusatzstoffen ist derzeit nur unzureichend möglich, da oftmals nur *in vitro* oder kurzzeitige *in vivo* Versuche durchgeführt wurden (Flachowsky und Lebzien, 2009). Vergleichbare CH_4-Reduktionen wurden unter Praxisbedingungen bisher nur vereinzelt bestätigt. Bei vielen möglichen Futterzusatzstoffen befinden sich die Maßnahmen noch im Forschungsstadium.

Bei verschiedenen Zusatzstoffen sind negative Wirkungen auf die Tiergesundheit, die Qualität der tierischen Produkte, die Futteraufnahme und Verdaulichkeit sowie Konsumenteneinwände bei einer eventuellen Einführung zu erwarten. Zu berücksichtigen ist ferner, dass einige Futtermittelzusatzstoffe in der EU nicht zugelassen sind.

Der vermehrte Einsatz zellwandarmer und stärkereicher Rationen bietet eventuell die Möglichkeit, die verdauungsbedingten CH_4-Emissionen im Pansen zu reduzieren. Die Beeinflussung der Pansenprozesse mit dem Ziel einer nachhaltigen Reduzierung der CH_4-Bildung erscheint jedoch schwierig, *„da die Komplexität und die Wechselwirkung vieler Umsetzungen noch nicht voll verstanden sind“* (Flachowsky und Brade, 2007).

Die Möglichkeit, die spezifischen produktbezogenen CH_4-Emissionen durch eine kraftfutterreiche (zellwandarme, stärkereiche) Rationsgestaltung oder durch den Einsatz von Futterfetten und Ölsaaten zu minimieren, ist im Zuge der in der Praxis angestrebten Leistungssteigerung vor allem im Milchviehbereich bereits heute üblich. Dabei sollte jedoch auf eine wiederkäuergerechte Rationsgestaltung aus Gründen des Tierwohls und der Produktqualität Rücksicht genommen werden. Die kraftfutterreiche Rationsgestaltung verlagert allerdings den Futterbau für Wiederkäuer vom Grünland auf Ackerflächen und kann dort zu Verdrängungseffekten und zu weiteren Anreizen zum Grünlandumbruch führen. Insgesamt sind der Energieaufwand und damit auch die Treibhausgasemission bei der Produktion von kraftfutterreichen Rationen höher, sodass pro Produkteinheit nicht sicher mit geringeren Treibhausgasemissionen zu rechnen ist.

Um die züchterische Selektion von Rindern mit verringertem Methanausstoß voranzutreiben, sollte zum einen die Grundlagenforschung vorangetrieben werden, um weitere Hinweise zu den tierindividuellen Unterschieden beim Methanausstoß zu erhalten. Zum anderen sind Genom-basierte Methoden zur Erkennung der erwünschten Merkmale zu entwickeln und zu testen, denn die Erkennung der Merkmale am Einzeltier ist für größere Stichproben aufgrund des hohen technischen Aufwands für die Methanmessung nicht möglich (Swalve, 2010). Hier besteht also noch erheblicher Forschungsbedarf.

5.3.1.9 Umbau des Rinderbestandes mittels Sperma-Sexing

Beschreibung: Die mit der Milch- und Rindfleischproduktion verbundenen THG-Emissionen können durch einen Umbau des Rinderbestandes reduziert werden, und zwar durch eine Beschränkung der Anzahl der weiblichen Kälber auf den effektiven Remontierungsbedarf und die Ausrichtung der weiteren (männlichen) Kälberproduktion auf die Mastnutzung. Eine gezielte Kälberproduktion kann durch Sperma-Sexing ermöglicht werden, d. h. eine gezielte Besamung der Milchkühe mit X- oder Y-chromosomalen Spermien. Durch das Sperma-Sexing von Milchkühen werden weniger Mutterkühe für die Bereitstellung von jungen Mastrindern benötigt. Dadurch sinken die mit der Mutterkuhhaltung verbundenen Methanemissionen.

Bewertung:

Obwohl seit einigen Jahren gesextes Sperma für die Remontierung von Milchkühen auf dem Markt zur Verfügung steht, ist die Praxistauglichkeit immer noch eingeschränkt (Frese, 2009; LfULG, 2011). Bisher werden nur bei Zuchtfärsen befriedigende Befruchtungsergebnisse mit gesextem Sperma erreichen (Fleege, 2008). Das heißt, eine gezielte Steuerung der weiblichen Kälberproduktion mithilfe von gesextem Sperma ist heute nur eingeschränkt möglich.

Eine Reduktion der Mutterkuhbestände würde zudem erfordern, dass neben weiblich gesextem auch männlich gesextes Sperma verfügbar ist, um für die Mast geeignete Kälber (Fleischqualität, Gewichtszuwachs, etc.) produzieren zu können. Dies ist allerdings derzeit noch nicht der Fall.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass es bei einer kurzen Nutzungs- und Lebensdauer moderner Hochleistungs-Holstein-Friesian-Milchkühe – wie sie insbesondere in den wichtigen Milchproduk-

tionsregionen vorherrschen – einen sehr hohen Bedarf an weiblichen Kälbern zur Remontierung gibt. Es ist deshalb davon auszugehen, dass auch bei einem gezielten Einsatz von Sperma-Sexing der Mutterkuhbestand nur marginal zurückgehen würde.

Aufgrund der dargestellten Zusammenhänge ist ein Umbau des Rinderbestandes mittels Sperma-Sexing derzeit noch keine Option für den Klimaschutz in der deutschen Landwirtschaft. Zudem sind der Mutterkuhbestand und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen im Vergleich zu anderen Rinderkategorien gering.

5.3.1.10 Effizienter Energieeinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben

Beschreibung: In landwirtschaftlichen Betrieben kann durch verbesserte Wartung, Einstellung und Anwendung von Technik, durch Investitionen in energiesparende Maschinen und Anlagen sowie Gebäudeinvestitionen Energie eingespart werden. Schwerpunkte des Energieverbrauchs sind Gewächshäuser, Ställe für Schweine und Geflügel. Milchgewinnung und -kühlung sowie Transporte und Bodenbearbeitung.

Maßnahmenszenario: Experteneinschätzungen gehen von einem kurz- bis mittelfristig realisierbaren Einsparungspotenzial von 15 bis 25 % des aktuellen Energieverbrauchs aus (Flessa et al., 2012).

THG-Minderungspotenzial: Insgesamt wurden im Jahr 2010 im Agrarsektor THG-Emissionen durch direkten Energieverbrauch und Stromverbrauch in Höhe von ca. 9,7 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$ verursacht (Statistisches Bundesamt, 2011; UBA, 2012a). Das erwartete Einsparungspotenzial liegt in einer Größenordnung von 1,4 bis 2,4 Mio. t $CO_{2\text{-äq.}}$.

Kostenwirksamkeit: Es gibt keine systematischen Datenauswertungen zur Kostenwirksamkeit von landwirtschaftlichen Energiesparmaßnahmen. Maßnahmen im Bereich Wartung, Einstellung und Anwendung von Technik sind oftmals kostensparend, während sich Investitionen oft nur über einen längeren Zeitraum und bei hohen Energiepreisen amortisieren.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Keine negativ bewerteten Verdrängungseffekte.

Andere Umweltwirkungen: Die Einsparung bei fossilen Energiequellen trägt zur Verringerung von Luftemissionen bei.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die durch den Einsatz fossiler Energieträger entstehenden direkten und die in Deutschland entstehenden indirekten Emissionen werden in der Emissionsberichterstattung in der Quellgruppe 1 „Energie“ erfasst, somit werden auch die Einspareffekte abgebildet, allerdings ohne dass diese einzelnen Maßnahmen zugeordnet werden können.

Mögliche Politikmaßnahmen: Information und Beratung (Betriebsvergleiche, Schwachstellenanalyse), energiepolitische Maßnahmen (z. B. Besteuerung fossiler Energieträger), Entwicklung und Anwendung von Energiespar-Standards für landwirtschaftliche Geräte, Maschinen und Gebäude.

Bewertung: Information und Beratung zur Energiesparung sind eine sinnvolle Klimaschutzmaßnahme, die Bundesländer-übergreifend abgestimmt und mit einem Monitoring der konkret erzielbaren, betrieblichen Verbesserungen verbunden werden sollte. Die Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien in landwirtschaftlichen Betrieben ist in dieser Maßnahmen nicht berücksichtigt; sie kann zu weiteren THG-Einsparungen beitragen.

5.3.1.11 Erhöhung des Anteils des Ökologischen Landbaus

Beschreibung: Ökologischer Landbau fördert im Vergleich zu konventionellen Systemen in der Regel die C-Bindung im Boden (reversibel, zeitlich begrenzt) und mindert dauerhaft betriebliche N-Überschüsse. Durch Verzicht auf Mineraldüngung, Pestizide und geringen internationalen Futterzukauf kommt es dauerhaft zu Energie- und THG-Einsparungen vor allem in der Vorkette der Produktion. Auf den Betrieben führen der geringere Tierbesatz, geringere N-Düngung und der Einsatz von Leguminosen statt N-Düngern zu niedrigeren THG-Emissionen. Bei höherem Flächenanspruch sind die produktbezogenen THG-Emissionen in Pflanzenbau und Tierhaltung im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft in der Regel vermindert oder gleichauf. Jedoch ist dies stark standort- und managementabhängig. Die flächenbezogenen THG-Emissionen sind im Ökologischen Landbau geringer.

Maßnahmenszenario: Derzeit wirtschaften in Deutschland 7,5 % der Betriebe auf 6,1 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ökologisch. Der Anteil soll laut Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung auf 20 % gesteigert werden.

THG-Minderungspotenzial: Flächenbezogen liegt das THG-Minderungspotenzial des Ökologischen Landbaus im Pflanzenbau gegenüber konventioneller Bewirtschaftung unter Einbeziehung der Vorketten zwischen 1 und 2 t/ha (Schmid et al.,2013); Nemecek et al., 2011; Küstermann et al., 2008) (ökologische Flächen in Deutschland derzeit: 435.000 ha Acker, 515.000 ha Grünland). Produktbezogen sind Einsparungen stark managementabhängig und liegen im Getreidebau bei 100 bis 200 kg $CO_{2äq}$/t (Produktion in Deutschland derzeit 639.000 t), in der ökologischen Milchproduktion können Einsparungen von 200 bis 300 kg $CO_{2äq}$/t Milch (Cederberg und Mattson, 2000) (Produktion in Deutschland derzeit 595.300 t) erzielt werden. Für die Fleisch- und Eierproduktion liegen wenige vergleichende Studien vor. In der ökologischen Schweine- bzw. Hähnchenmast werden THG-Einsparpotenziale von 1 bzw. 0,5 kg $CO_{2äq}$/kg Schlachtgewicht für Eier 0,4 kg/kg gegenüber konventionellen Systemen angegeben (Sonesson et al., 2009; Hirschfeld et al., 2008) (ökologische Produktion in Deutschland derzeit: Schweinefleisch 24.000 t, Geflügelfleisch 13.510 t, Eier 621 Mio. bzw. ca. 37.260 t). Bei der Rindermast sind die Unterschiede in den THG-Emissionen maßgeblich von den gesetzten Systemgrenzen (z. B. mit/ohne Einbezug der C-Sequestrierung bei Weidemast) und den Allokationsverfahren abhängig, Systemvergleiche sind daher schwierig. Bei Altkuhfleisch sind geringe Unterschiede in den THG-Emissionen zwischen konventionellen und ökologischen Systemen zu erwarten. Bei der Rindermast schneiden in heute vorliegenden Studien ohne Einbezug der C-Sequestrierung Intensivmastverfahren gegenüber Weidemastverfahren hinsichtlich der THG-Emissionen günstiger ab. Verlässliche Aussagen zu Unterschieden ökologischer und konventioneller Systeme lassen sich derzeit nicht treffen und

müssen einzelbetrieblich analysiert werden (Zehetmeier, 2011) (Rindfleisch derzeit: 39.500 t). In der ökologischen Schweine- und Geflügelfleisch-, Eier- und Milchproduktion werden, mit diesen Zahlen gerechnet, in Deutschland jährlich THG-Emissionen bis zu 210.835 t CO_2-Äquivalente eingespart, durch die ökologische Getreideproduktion bis zu 127.800 t. Flächenbezogen ergibt sich aus den genannten Zahlen für die ökologische Ackerfläche derzeit eine maximale Einsparung von 435.000 bis 870.000 t CO_2-Äquivalente im Jahr gegenüber einer angenommenen konventionellen Bewirtschaftung. Steigerungen des Anteils Ökologischen Landbaus wirken bei dieser groben Abschätzung proportional.

Kostenwirksamkeit: Sollen die Prämien für die Einführung oder Beibehaltung des Ökologischen Landbaus angerechnet werden, müssten diese auf die multiplen Förderziele aufgeteilt und nicht zu 100 % auf eventuelle Klimaeffekte bezogen werden. Gewinnunterschiede der Betriebsformen sind ggf. gegenzurechnen. Eventuelle Leakage-Effekte durch Steigerung klimaschädigender Produktion im In- und Ausland bei Ausdehnung des Ökologischen Landbaus können z. Z. nicht mit Zahlenmaterial belegt werden. Die Verwaltungskosten für eine Ausdehnung sind gering, da das System bereits definiert ist und 100 % der Betriebe jährlich auf privatwirtschaftlicher Basis kontrolliert werden.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Im Ökologischen Landbau liegt das Ertragsniveau im Pflanzenbau bei 30 bis 75 % der konventionellen Erträge. Der GV-Besatz liegt meist deutlich unter 1 GV/ha. Die Milchproduktion pro Tier liegt bei vergleichbaren Betrieben i. d. R. bei 70 bis 90 % der konventionellen Leistung; entscheidend ist jedoch das Betriebsmanagement. Bei Wiederkäuern ist durch die Beweidungspflicht eine Grünlanderhaltung gewährleistet. Die Erzeugung ökologischer Produkte ist aufgrund der geringeren flächen- und tierbezogenen Produktivität mit einer Erhöhung des Flächenbedarfs verbunden. Die Wirkung auf die Flächenverknappung kann gemildert werden, wenn die Ausweitung des Ökologischen Landbaus vor allem auf landwirtschaftlichen Flächen in Schutzgebieten mit Nutzungsauflagen erfolgt. Eine Ausweitung des Konsums ökologisch erzeugter Nahrungsmittel führt zu einer Verschiebung der Ernährung hin zu mehr pflanzlichen Produkten (Hamm et al., 2011), was ebenfalls die zusätzliche Flächeninanspruchnahme verringert.

Durch die Futteransprüche der Monogastrier kommt es zu hohem Flächenbedarf für die Futtererzeugung, jedoch wird überwiegend mit heimischen Komponenten gefüttert. Unkalkulierbare THG-Lasten durch Landnutzungsänderungen bei Importfuttermitteln (z. B. Soja, Ölsaaten) werden so vermindert. Jedoch werden bei Ausdehnung der ökologischen Tierhaltung im Inland zunehmend auch im Ausland ökologisch erzeugte Futterkomponenten (z. B. Soja, Körnermais, Ölsaaten) verwendet. Der höhere Flächenanspruch des ökologischen Landbaus kann für das Erreichen anderer Umweltziele und ggf. zur Durchsetzung des Erhalts des Kulturlandschaftsbildes genutzt werden. Weltweite Marktverschiebungen sind angesichts des geringen Anteils der ökologisch bewirtschaften Fläche und dem derzeitigen, moderaten Anstieg nicht zu erwarten.

Andere Umweltwirkungen: Mit dem ökologischen Landbau sind positive Auswirkungen auf Biodiversität, Grünlanderhalt, Boden- und Grundwasserschutz sowie Tiergerechtheit verbunden.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Ökolandbau wird derzeit nicht gesondert abgebildet, sondern fließt z. B. über die verwendeten mittleren Milchleistungen und Flächenerträge

sowie die verringerte N-Mineraldüngung ein. Besonderheiten des ökologischen Landbaus könnten über Flächenanteile und Tierzahlen in die Emissionsberichterstattung aufgenommen werden. Derzeit gibt es aber keine Hinweise auf noch nicht berücksichtigte, systembedingte Unterschiede zwischen ökologischem und konventionellem Landbau, die eine gesonderte Ausweisung des ökologischen Landbaus erfordern würden.

Mögliche Politikmaßnahmen: Zur Unterstützung einer weiteren Ausweitung müsste die Förderung des Ökologischen Landbaus ausgeweitet werden. Es sollten besonders die Systeme mit anderen positiven Umweltwirkungen gestützt werden, die durch Tierhaltung, eine intensive innerbetriebliche Kreislaufwirtschaft sowie durch Futterbau und Grünlanderhalt eine C-Bindung im Boden und eine Minimierung von Futtermittelimporten gewährleisten. Absatzfördernde Maßnahmen für ökologische Produkte sollten weiterhin unterstützt werden (Aufklärung zu Umwelt und Ernährung). Forschungsvorhaben zur Bewertung und Optimierung ganzer landwirtschaftlicher Betriebe und Systeme hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen sollten gefördert werden.

Bewertung: Ökolandbau ist nicht vorrangig als Maßnahme für den Klimaschutz anzusehen. Flächenbezogen sind im ökologischen Landbau die THG-Emissionen und der fossile Energiebedarf geringer und auch produktbezogen können niedrigere Werte als in konventionellen Systemen erzielt werden. Jedoch besteht hier eine enorme Abhängigkeit vom einzelbetrieblichen Management. Als besonders positiv sind die N-Bindung mit Leguminosen, die C-Sequestrierung durch den Weidezwang und der damit verbundene Grünlanderhalt, die vielfältigeren Fruchtfolgen (vor allem Kleegrasanbau) im Ackerbau, der niedrigere Energiebedarf in der Vorkette der Produktion, sowie der hohe Anteil hofeigener Futterkomponenten anzusehen.

Mit Ökologischem Landbau können auch andere flächenbezogene Umweltziele erreicht werden, z. B. durch verminderte Nährstoffausträge in Wasserschutzgebieten oder Auenlandschaften und bei Biodiversitätsfragen. Weidegang und Milcherzeugung sind dabei ein effizienter Weg eine hohe Wertschöpfung in Grünlandgebieten zu erzielen. Ökolandbau ist ein Leitbild für ressourcenschonende regionale Nahrungsmittelproduktion und tiergerechte Haltung, allerdings mit höherem Flächenanspruch, wenn die derzeitige Produktivitätsdifferenz zum konventionellen Landbau bestehen bleibt. Bei einer Ausdehnung kommt es zu weiteren Umstellungen auf Ökolandbau auch im Ausland, die auch mit positiven Umweltwirkungen verbunden sind. Ob es hier zu Verdrängungseffekten hochproduktiver Systeme kommt ist unklar, denn in Regionen mit geringem Ertragsniveau bzw. extensiver Bewirtschaftung sind auch Ertragssteigerungen durch den Systemwechsel denkbar. Insgesamt gilt es im Ökologischen Landbau ebenso wie im konventionellen Landbau, Effizienzreserven durch Management zu mobilisieren und durch Positivbeispiele besonders gut wirtschaftender Betriebe zu fördern.

Umwelt- und Tiergerechtigkeit sind im Ökologischen Landbau durch die EG-Öko-VO bereits sanktionierbar festgeschrieben. Eine flächenhafte Minderung von THG-Emissionen gegenüber konventionellen Systemen ist gegeben und jeder Betrieb wird kontrolliert. Umsetzungs- und Kontrollkosten für die Erlangung von Klimazielen und anderen Umweltzielen entstehen damit bei einer Erhöhung des Anteils des Ökologischen Landbaus nicht.

5.3.1.12 Einbringung von Pflanzenkohle in landwirtschaftlich bewirtschaftete Böden

Beschreibung: Als „Pflanzenkohle“, auch als Biokohle, werden verschiedene unterschiedlich stark verkohlte organische Substanzen bezeichnet. Grundsätzlich lässt sich zwischen der durch Pyrolyse hergestellten Pflanzenkohle und der durch hydrothermale Karbonisierung hergestellten sog. HTC-Kohle unterscheiden. Beide Kohlearten lassen sich in landwirtschaftliche Böden einbringen zur Erhöhung der Kohlenstoffvorräte (Sequestrierung von CO_2-Kohlenstoff) und als Bodenverbesserer. Nur wenn es zu einer synergetischen Nutzung der Pflanzenkohle als Sequestrierungsoption und als Bodenverbesserer zur Erhöhung von Wasserverfügbarkeit, Ertrag, Nährstoffverfügbarkeit oder Verringerung von Stickstoffauswaschungen kommt, ist der Einsatz der Pflanzenkohle eine ökonomisch und ökologisch diskutable Option.

Bei der hydrothermalen Karbonisierung werden ebenso wie bei der vapothermalen Karbonisierung feste Biomassen bzw. organische Reststoffe bei erhöhter Temperatur und erhöhtem Druck in Gegenwart von Wasser zu einem kohleähnlichen Produkt umgewandelt. Die so produzierte HTC-Kohle unterscheidet sich in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften von der eingesetzten Biomasse. Zusätzlich fällt Prozesswasser mit hohem Gehalt an organischen Substanzen (CSB bis zu 50.000 mg/l) (Ramke, 2009) an, welches entweder entsorgt werden muss oder als flüssiger Dünger mit sehr variabler stofflicher Zusammensetzung und Nährstoffwirkung eingesetzt werden kann. Bei der Pyrolyse wird feste Biomasse unter Sauerstoffabschluss ähnlich der traditionellen Holzkohleherstellung verkohlt. Dabei kann im Gegensatz zur hydrothermalen Karbonisierung nur meist holzige Biomasse mit geringem Wassergehalt (maximal 30-50 %) eingesetzt werden. Mehr als 50 % des Biomasse-Kohlenstoffs geht bei der Pyrolysierung in das Synthesegas und das sog. Pyrolyseöl, während bei der hydrothermalen Karbonisierung fast 100 % des Biomasse-Kohlenstoffs in HTC-Kohle umgewandelt werden kann. Insbesondere für organische Reststoffe mit hohem Wassergehalt (z. B. Klärschlamm bzw. Faulschlamm), könnte die hydrothermale Karbonisierung einen eleganten Verwertungsansatz darstellen, da diese derzeit nicht oder kaum genutzt werden. Insofern kann die HTC-Technologie als eine zusätzliche Option zur Veredlung solcher Reststoffe angesehen werden.

Pflanzenkohle kann stofflich oder energetisch genutzt, dadurch werden fossile Rohstoffe bzw. Energieträger substituiert. Alternativ kann Pflanzenkohle auch als Bodenverbesserer in der Landwirtschaft eingesetzt werden (Libra et al., 2011), sofern keine schadstoffbedingten Begrenzungen vorliegen. Die Verkohlung stellt in jedem Fall eine Hygienisierung der eingesetzten Biomasse dar, Pathogene werden abgetötet. Durch die Verkohlung kommt es zu einem Umbau der organischen Substanz wodurch diese stabilisiert wird, also im Boden längerfristig festlegbar ist. Der Stabilisierungsgrad der HTC-Kohle ist wesentlich geringer als der der Pyrolysekohle. Steinbeis et al. (2009) fanden in Laborversuchen mittlere Verweilzeiten von HTC-Kohle von nur 4 bis 29 Jahren. Ergebnisse zur mittel- bis langfristigen Stabilität von Pflanzenkohle unter zentraleuropäischen Feldbedingungen liegen nicht vor, sind aber in den nächsten Jahren durch laufende Forschungsarbeiten zu erwarten.

Der Einarbeitung von Biokohle in den Boden werden auch meliorative Effekte hinsichtlich der Wasserhaltekapazität, Nährstoffretention, Kationenaustauschkapazität, sowie des pH-Wertes nachgesagt (Verheijen et al., 2010; Beesley et al., 2011; Atkinson, 2010), ebenso wie eine Verminderung der Emissionen des klimarelevanter Gases N_2O (Gaunt, 2008; Woolf et al., 2010). Diese erwarteten Effekte sind aber abhängig von der Kohleart und sind standortspezifisch. Zur Bodenverbesserung kommen in Deutschland in erster Linie degradierte Boden und Böden mit hohen Sandgehalten in Frage. Die Auswirkungen auf die Böden sowie Risiken und die rechtliche Situation bei der Nutzung von Abfall- und Reststoffen als Substrat sind noch nicht abschließend geklärt.

Maßnahmenszenario: Die Einbringung von Pflanzenkohle in landwirtschaftliche Böden hängt von der Verfügbarkeit von organischen Reststoffen ab. Das Potenzial kann durch organische Reststoffe aus der Lebensmittelverarbeitung und/oder aus kommunalen organischen Reststoffen erhöht werden. Ein Szenario wurde aufgrund der Unsicherheiten nicht berechnet.

THG-Minderungspotenzial: Das THG-Minderungspotenzial bei der landwirtschaftlichen Anwendung von Pflanzenkohle ist derzeit eher spekulativ, da keine Ergebnisse aus Langzeitversuchen vorliegen, die es erlauben, die temporäre C-Speicherung im Boden zu quantifizieren. Pflanzenkohlen mit geringer Stabilität (<25 Jahre mittlere Verweilzeit) können im Hinblick auf CO_2-C Sequestrierung keinen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Auch die Wirkung als Depotdünger ist begrenzt. Bei einem C/N-Verhältnis von 25 und einer Halbwertszeit von 20 Jahren ergäbe sich eine N-Freisetzung von etwa 15 kg N/Jahr bei einer ausgebrachten HTC-Kohlen Menge von 30 t/ha. Zur Abschätzung des THG-Minderungspotenzials ist es nötig die bei der Herstellung und Transport aufgewandten Energiemengen der C-Sequestrierungsleistung gegenüber zu stellen. Derzeit sind jedoch keine Daten einer kontinuierlich betriebenen Pflanzenkohle-Anlage verfügbar, in der der Energieverbrauch für das Vortrocken, Verkohlen und bei HTC-Kohlen auch das Abpressen der Kohlen quantifiziert ist. Auch müssen die Umweltwirkungen der Koppelprodukte (z. B. Entsorgung oder Verwertung des HTC-Prozesswassers) sowie von Emissionen des Inkohlungsprozesses (z. B. Stickstoffemissionen bei der Pyrolyse) berücksichtigt werden. Das THG-Minderungspotenzial sowohl der landwirtschaftlichen als auch der energetischen Nutzung von Pflanzenkohlen kann nur auf der Basis einer vollständigen Systembewertung quantifiziert werden.

Kostenwirksamkeit: Erste Kostenabschätzungen haben ergeben, dass der Preis der Pflanzenkohlen erheblich von den Substratkosten abhängt. Die Herstellungskosten für HTC-Kohle betragen wahrscheinlich >100 €/t. Unter den derzeit in Deutschland herrschenden Bedingungen wird, ohne über das EEG hinausgehende finanzielle Anreizsysteme, die Herstellung von HTC-Kohle für die Nutzung in landwirtschaftlichen Böden ökonomisch nur schwer zu realisieren sein (Stichnothe, 2011).

Beispiel landwirtschaftliche Nutzung: Bei einer Aufgabemenge von 20 t HTC-Kohle pro ha, würden Kosten in Höhe von 20*100 € = 2.000 €/ha für den Landwirt anfallen, dazu kämen noch die Aufbringungskosten. Bei einer HTC-Kohle, die im Boden mindestens 100 Jahre stabil bleibt und einem Kohlenstoffgehalt von ca. 50 % aufweist, entspräche dies 37 t CO_2-Festlegung/ha. Daraus

lassen sich Kosten von ca. 55 €/t CO_2 ableiten, denen möglicherweise noch Nutzen durch eine Bodenverbesserung gegenüberzustellen sind. Ähnliche Kosten sind auch für Pyrolysekohlen anzunehmen.

Um für Landwirte den Einsatz von Pflanzenkohle ökonomisch attraktiv zu machen, müsste entweder der Düngemittelbedarf nach Pflanzenkohleausbringung nennenswert abnehmen und gleichzeitig der Flächenertrag deutlich zunehmen oder das Einbringen von Pflanzenkohle in Böden entsprechend subventioniert werden. Bisher liegen keine gesicherten Erkenntnis vor, dass der Einsatz von Pflanzenkohle auf normal bewirtschafteten Böden zu einer signifikanten Erhöhung der Erträge führt, lediglich bei der Verbesserung von degradierten Böden besteht ein gewisses, aber schwer zu quantifizierendes, Potenzial.

Bei der Verwendung als Sekundärbrennstoff sind diese Erlöse beim Ankauf von Pflanzenkohle schon berücksichtigt. Modellrechnungen von Eberhard et al. (2011) für Brandenburg zeigen, dass unter den gegenwärtigen Bedingungen, sofern keine nennenswerten Erlöse durch die Annahme des Substrats erzielt werden können, mit einer HTC-Kohle-Produktion kein Gewinn erzielt werden kann. Dieses Ergebnis lässt sich, bis auf wenige Ausnahmefälle, vermutlich auf das gesamte Bundesgebiet übertragen.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Das Potenzial von unbelasteten organischen Reststoffen in Deutschland ist als gering einzustufen, daher wird jede neue Technologie, die auf diese Reststoffe zugreift, zu einem Verdrängungswettbewerb führen. Die HTC-Technologie greift häufig auf Reststoffe zurück, die derzeit bei der Kompostierung (Gartenabfälle) oder bei der Biogasherstellung (Grasschnitt) verwendet werden. Somit wird ein Ausbau der Pflanzenkohle-Technologie zur Erhöhung der Substratkosten für alle auf dem Markt etablierten Technologien führen. Geringere Verdrängungseffekte sind bei der Nutzung von Abfallstoffen wie Klärschlamm mit der HTC-Technologie zu erwarten. Zur Beurteilung der „best-möglichen“ Verwertung von biogenen Reststoffen mit konkurrierenden Technologien, z. B. Kompostierung, müssen diese unter Berücksichtigung regionaler Rahmenbedingungen verglichen werden.

Andere Umweltwirkungen: Dazu liegen derzeit noch keine gesicherten Ergebnisse vor, da die Eigenschaften der Pflanzenkohlen sowohl vom Substrat als auch von den Prozessbedingungen abhängen. Wichtig für die Umweltbewertung sind der Beitrag zur Bodenverbesserung und die Begrenzung von Risiken für den Bodenschutz durch Schadstoffbelastungen (z. B. Schwermetalle).

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Sollte ein langfristiger Effekt der C-Sequestrierung in Böden durch das Einbringen von Pflanzenkohle nachweisbar sein, könnte er, wenn die betroffenen Flächen bekannt sind, in der Emissionsberichterstattung unter LULUCF Subsektor Acker und bei der freiwilligen Aktivität „Ackerbewirtschaftung“ unter dem Kyoto-Protokoll angerechnet werden. Die THG-Einsparungen, die sich durch die Substitution von Braunkohle ggf. erzielen lassen, werden dem Energiesektor zugeordnet.

Mögliche Politikmaßnahmen: Die rechtliche Situation bei der Nutzung von Pflanzenkohle aus Abfall-Reststoffen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ist noch nicht abschließend geklärt. Bisher gibt es keine Zulassung von Pflanzenkohle als Bodenhilfsstoff bis auf Holzkohle aus Pyroly-

se. Eine Zulassung wäre jedoch insbesondere in Hinblick auf die Verwendung von belasteten, derzeit kaum genutzten organischen Reststoffen wünschenswert.

Bewertung: Da die Wirkung von Pflanzenkohlen auf Bodeneigenschaften, Kohlenstoffsequestrierung und biogeochemische Stoffumsetzungen in Böden maßgeblich durch das Herstellungsverfahren, die gewählten Prozessparameter und das Ausgangssubstrat beeinflusst wird, kann die Bewertung des Einsatzes von Pflanzenkohlen in Böden nicht pauschal, sondern nur differenziert für unterschiedliche Herstellungsverfahren und Ausgangssubstrate erfolgen.

Es besteht noch erheblicher Forschungsbedarf in Hinblick auf die Langzeitwirkung von Pflanzenkohlen in landwirtschaftlichen Systemen, insbesondere für die Bewertung der Stabilität in Böden, der Änderung der Nährstoffverfügbarkeit und Ernteerträge. Das Potenzial von Pflanzenkohlen als Bodenverbesserer, und zur Steigerung der Wasserrückhaltefähigkeit, sowie der Ertragswirksamkeit und/oder Produktverbesserung kann nur durch Langzeitversuche ermittelt werden.

Aufgrund der ersten ökonomischen Abschätzung wird die Pflanzenkohle-Technologie in Deutschland unter den derzeit herrschenden Bedingungen eine Nischentechnologie bleiben, die keinen wesentlichen, kostenwirksamen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann.

Diese Aussagen sind jedoch nicht auf andere Länder übertragbar, insbesondere nicht auf solche, die noch erhebliche Mengen an organischen Reststoffen deponieren und/oder einen geringen Viehbestand haben und in denen die Abnahme der Bodenfruchtbarkeit und die Bodendegradation ein zentrales Problem darstellt. Bei erfolgreicher Technologieentwicklung besteht daher ein nicht zu unterschätzendes Exportpotenzial für Pflanzenkohle-Technologien.

5.3.1.13 Weitere potenzielle Klimaschutzmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion

Bezüglich ihrer potenziellen Klimaschutzwirkung werden eine Reihe weiterer Maßnahmen diskutiert. Im Folgenden werden einige dieser Optionen vorgestellt. Bezüglich weiterer Details sei auf Flessa et al. (2012) verwiesen.

Erhöhung des organischen Kohlenstoffgehalts in Ackerböden

Reduzierte Bodenbearbeitung, Direktsaatverfahren, der Anbau von Zwischenfrüchten, die Fruchtfolgegestaltung und die Rückführung von Ernteresten haben einen Einfluss auf den Bodenkohlenstoffvorrat von Ackerböden. Generell ist eine solche Erhöhung des Kohlenstoffvorrats nur zeitlich begrenzt möglich, bis sich ein neues Gleichgewicht des Humusvorrats einstellt. Bei Änderung der Bewirtschaftung kann der angereicherte Kohlenstoff schnell wieder freigesetzt werden. Bezüglich der reduzierten Bodenbearbeitung wurde unter mitteleuropäischen Verhältnissen eine Verlagerung des Humus zwischen den Horizonten, aber keine Kohlenstoffanreicherung beobachtet. Direkt THG-mindernd wirkt dagegen der verminderte Energiebedarf der reduzierten Bodenbearbeitung, Unsicherheiten bestehen dagegen bezüglich ihrer Einflüsse auf die Lachgasbildung. N_2O-Emissionen können die THG-Bilanz der Verfahren stark beeinflussen. Der

Zwischenfruchtanbau weist Potenziale als Klimaschutzmaßnahme auf, aber auch hier bestehen Unsicherheiten bezüglich der Lachgasbildung im Winterhalbjahr.

Nach derzeitigem Erkenntnisstand sind die genannten Maßnahmen nicht als Klimaschutzmaßnahme zu empfehlen, sondern sollten aus Gründen des Bodenschutzes, zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und zur Verhinderung der Stickstoffauswaschung umgesetzt werden. Der aktuelle Humusgehalt der Böden und auf Basis der Betriebsbefragungen geschätzte Trends im Humusgehalt in den letzten zehn Jahren werden als Ergebnis der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft bundesweit ab 2018 vorliegen.

Vermeidung von Bodenverdichtungen durch Fahrspuren und Unterlassung der N-Düngung in den Fahrspuren

In verdichteten Böden treten aufgrund von Staunässe und geringerer Durchlüftung erhöhte N_2O-Emissionen auf. Eine Verringerung der Bodenverdichtung und ein Aussparen der Fahrspuren bei der N-Düngung tragen daher zu einer Verringerung der N_2O-Emissionen bei. Das Aussparen der Fahrgassen bei der Düngung ist z. B. bei Gülleausbringung über Schleppschlauch möglich, nicht jedoch bei den in der Praxis weit verbreiteten Schleuderstreuern für Mineraldünger. Diese Maßnahme kann als Klimaschutzmaßnahme empfohlen werden, sie sollte als Beratungsinhalt in die Praxis getragen werden. Da die Maßnahme aber kaum kontrollierbar ist, ist sie in der Berichterstattung nicht sicher abbildbar.

Substitution von chemisch-synthetischen N-Düngern durch den Einsatz von Leguminosen

Durch den Anbau von Leguminosen wird Luftstickstoff gebunden und für Folgekulturen oder im Grünland für die Gräser verfügbar gemacht. Dadurch können chemisch-synthetische N-Dünger eingespart werden, deren Produktion mit hohen THG-Emissionen verbunden sind. Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Anrechnung des Stickstoffs in der Düngeplanung. Beim Abbau der Pflanzenrückstände der Leguminosen im Boden können aufgrund des engen Kohlenstoff-/Stickstoffverhältnisses erhöhte N_2O-Emissionen entstehen. Daher ist die Gesamtwirkung der Stickstoffbindung durch Leguminosen auf die THG-Bilanz noch nicht abschließend geklärt. Vorläufige Ergebnisse von Messungen bei Kleegrasumbruch in Deutschland weisen aber darauf hin, dass die N_2O-Emissionen bei Leguminosen bezogen auf den fixierten Stickstoff deutlich niedriger sind als bei Zufuhr einer entsprechenden N-Menge aus Mineraldüngern. Bezüglich der Höhe der N_2O-Emissionen und Optionen zu ihrer Vermeidung, z. B. einer Optimierung des Nacherntemanagements im Ackerbau, besteht noch Forschungsbedarf. Die Deutsche Agrarforschungsallianz hat in ihrer Leguminosenstrategie den bestehenden Forschungsbedarf formuliert (DAFA, 2012). Der Anbau von Leguminosen wird über Agrarumweltmaßnahmen gefördert (Fruchtfolgemaßnahmen) und soll künftig auch als "Ökologische Vorrangfläche" im Rahmen des sogenannten Greenings der 1. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik anerkannt werden.

Substitution von importierten Sojafuttermitteln durch im Inland erzeugte Körnerleguminosen

Indem der Import von Sojafuttermitteln durch heimische Proteinpflanzen ersetzt wird, sollen die mit Sojaanbau und Transport verbundenen THG-Emissionen vermieden werden. Beim Sojaanbau

fallen vor allem direkte und indirekte Landnutzungsänderungen als THG-Quelle ins Gewicht, da bei Umwandlung tropischer und subtropischer Wälder und Savannen in landwirtschaftliche Anbauflächen große Mengen Kohlenstoff freigesetzt werden (vgl. Kap. 2.4.4). Bei Futtermittelimporten kommt der Transport aus Südamerika hinzu. Zu berücksichtigen ist, dass ein großer Teil des Sojaanbaus auf langjährig etablierten Ackerflächen stattfindet, und Soja als Futtermittel eine hohe Fütterungseffizienz in der Tierhaltung ermöglicht. Heimische Körnerleguminosen weisen schlechtere Futterqualität auf, problematisch sind zudem ihre vergleichsweise niedrigen Erträge und die Ertragsunsicherheit. Auch eine Ausweitung des heimischen Körnerleguminosenanbaus kann zu indirekten Landnutzungsänderungen beitragen, da der Getreideanbau zurückgedrängt würde. Eine eindeutige Bewertung einer umfangreichen Substitution von Sojafuttermitteln ist aufgrund der Komplexität derzeit noch nicht möglich.

Weide- oder Stallhaltung von Rindern

Durch Weidehaltung von Rindern können gegenüber der Stallhaltung THG-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (Stall, Lagerung und Ausbringung) und der Futterbereitstellung eingespart werden. Demgegenüber können sich die N_2O-Emissionen bei Weidehaltung erhöhen, und die Tierleistung kann gegenüber intensiver Haltungsverfahren im Stall geringer ausfallen, was zu höheren, produktbezogenen THG-Emissionen führt. Nach derzeitigem Erkenntnisstand kann keine abschließende Aussage darüber getroffen werden, welches der beiden Systeme bezüglich der Klimaschutzziele vorzüglicher ist.

5.3.2 Energetische Nutzung von landwirtschaftlich erzeugter Biomasse

5.3.2.1 Optimierung der Klimaschutzwirkungen der Strom- und Wärmeerzeugung aus Biogas

Beschreibung: Die Strom- und Wärmeerzeugung aus Biogas reduziert durch die Substitution fossiler Energieträger THG-Emissionen. Beim Einsatz von Wirtschaftsdüngern werden zudem CH_4-Emissionen vermieden, die ansonsten vor allem bei der Güllelagerung freigesetzt würden. Die klimapolitische Effizienz der Biogaserzeugung unterscheidet sich je nach Rohstoffeinsatz und Anlagenkonstellation. Daher werden nachfolgend zunächst die genannten Einflussfaktoren Rohstoffe und Anlagenkonstellationen näher beschrieben.

Rohstoffeinsatz

Durch Biogasstrom aus typischen deutschen Biogasanlagen, die überwiegend **Anbaubiomasse** einsetzen, können je kWh Strom etwa 480 g $CO_{2äq}$ eingespart (67 %) (KTBL, 2011: 59) werden. Bei Weizenpreisen von 150 €/t Weizen resultieren in derartigen Anlagen THG-Vermeidungskosten von etwa 280 €/t $CO_{2äq}$ (KTBL, 2011: 60). Allerdings können sich die THG-Vermeidungskosten sehr stark mit dem Agrarpreisniveau verändern. Sollte, wie im Juni 2012 zu beobachten, der Weizenpreis auf über 220 €/t ansteigen, erhöhen sich die THG-Vermeidungskosten auf etwa

380 €/t $CO_{2Äq.}$ (Zimmer et al., 2011b: 157). Unter Berücksichtigung der diskutierten Emissions-Werte für die indirekte Landnutzungsänderung würden die THG-Vermeidungskosten maisbasierter Biogasanlagen sogar auf über 400 €/t $CO_{2äq}$ ansteigen (+45 %) (vgl. Zimmer et al., 2011b: 157). Werden beide Effekte addiert, sind somit THG-Vermeidungskosten über 500 €/t eine realistische Größenordnung.

Werden hingegen **Wirtschaftsdünger** vergoren, treten keine indirekten Landnutzungsänderungen auf. Weiterhin werden die resultierenden THG-Vermeidungskosten nicht vom Agrarpreisniveau beeinflusst. Da durch die Vergärung von Wirtschaftsdüngern Methanemissionen in der Tierhaltung vermieden werden, ist die $CO_{2äq}$-Einsparung von güllebasierten Biogasanlagen mit 0,89 kg $CO_{2äq}$/kWh (124 %) höher als bei maisbasierten Anlagen (vgl. KTBL, 2011: 60). Aufgrund des hohen Wasseranteils ist die Energiedichte in Wirtschaftsdüngern jedoch geringer als in pflanzlichen Rohstoffen. Bei güllebasierten Anlagen ist es daher erforderlich a) die Anlagenkapazität erheblich zu reduzieren und/oder b) Logistikkonzepte für die Wirtschaftsdüngernutzung in Gemeinschaftsanlagen zu entwickeln. Einen starken Einfluss auf die THG-Vermeidungskosten güllebasierter Biogasanlagen haben die Rahmenbedingungen für das Gärrestlager. Wenn das Gärrestlager im Zuge der Biogasinvestition neu errichtet werden muss, liegen die THG-Vermeidungskosten über 200 €/t (KTBL, 2011: 60). Wird die Biogasinvestitionen jedoch zusammen mit größeren Stallbaumaßnahmen getätigt, können die erforderlichen Güllelager gleichzeitig für die Biogaserzeugung genutzt werden. Die THG-Vermeidungskosten güllebasierter Anlagen liegen dann deutlich unter 200 €/t $CO_{2äq}$ (Zimmer et al., 2011b: 158).

Anlagenkonstellation

Mit zunehmender **Wärmenutzung** kann die klimapolitische Effizienz der Biogaserzeugung erhöht werden. Werden 60 % anstatt 30 % der überschüssigen Wärme genutzt, sinken die THG-Vermeidungskosten um 70 €/t (-26 %). Wird die Wärmenutzung sogar auf 90 % erhöht, sinken die Vermeidungsosten um 126 €/t $CO_{2äq}$ (-45 %) (KTBL, 2011: 62). Allerdings wurden in der Vergangenheit viele Biogasanlagen ohne Wärmekonzept errichtet. Zur Wärmenutzung gibt es keine zuverlässigen statistischen Daten. Je nach Quelle wird der Anteil der Wärmenutzung auf 30 bis 40 % geschätzt (Flessa et al., 2012: 39; DBFZ, 2011: 62). Weiterhin wurde in der Vergangenheit jede Form der Wärmenutzung über den KWK-Bonus honoriert, weshalb in vielen Fällen neue Wärmenutzungen entstanden sind, statt vorhandene Wärmemärkte zu beliefern. Bei einem Teil der realisierten Wärmekonzepte wie der Trocknung von Gärresten ist der klimapolitische Nutzen kritisch zu hinterfragen (de Witte, 2012: 10; Rensberg, 2011: 36)[11].

Die **gasdichte Abdeckung von Gärrestlagern** beeinflusst ebenfalls sehr stark die klimapolitische Effizienz der Biogaserzeugung. Nach bisherigen Untersuchungsergebnissen emittieren 2,5 bis 15 % der erzeugten Methanmenge bei nicht gasdicht abgedeckten Gärrestlagern (Gärtner et al.,

[11] Seit dem EEG 2009 versucht der Gesetzgeber dieser Entwicklung durch die sogenannte Positivliste entgegenzuwirken. Der Gesetzestext lässt jedoch weiterhin Möglichkeiten für Mitnahmeeffekte offen. Die im EEG 2012 eingeführte Mindestwärmenutzung von 60 % kann relativ einfach umgangen werden, wenn die Anlagenbetreiber an der Marktprämie teilnehmen.

2008; BMU, 2008; FNR, 2005). Dies entspricht einem Anstieg der $CO_{2äq}$-Emissionen im Vergleich zu einer Anlage mit abgedecktem Gärrestlager um 120 bis 615 g $CO_{2äq}$/kWh bzw. 36 bis +186 %. Auch zum Status Quo der Gärrestlagerabdeckung gibt es derzeit keine statistisch gesicherten Daten. In einer Betreiberbefragung des DBFZ verfügten im Jahr 2010 58 % der Befragungsteilnehmer nicht über ein gasdicht abgedecktes Gärrestlager. Von den Befragungsteilnehmern, die im Jahr 2011 in die Biogaserzeugung investiert haben, verfügen hingegen lediglich 30 % über kein gasdicht abgedecktes Gärrestlager[12] (DBFZ, 2012). Auch andere Methanleckagen können eine Rolle spielen, die auch aus Sicherheitsgründen durch regelmäßig Überprüfungen ausgeschlossen werden sollten (Liebetrau et al., 2012).

Maßnahmenszenarien: Die folgenden drei Maßnahmenszenarien erscheinen geeignet, um die klimapolitische Effizienz der Biogaserzeugung zu erhöhen:

Gasdichte Abdeckung der Gärrestlager: Verpflichtung zur gasdichten Abdeckung von Gärrestlagern bei Neuanlagen und Schaffung von Anreizstrukturen zur Abdeckung vorhandener offener Gärrestlager

Effizientere Wärmenutzung: Veränderung des EEG zur Erhöhung der Wärmenutzung bei Neuanlagen. Hierfür müsste die Stromvergütung soweit abgesenkt werden, dass auch bei geringen Agrarpreisen nur noch Anlagen mit marktfähigen Wärmekonzepten wirtschaftlich rentabel sind.

Umbau des Anlagenbestandes zur Nutzung von Wirtschaftsdünger und Reststoffen: Schaffung von Anreizstrukturen für den sukzessiven Umbau des Anlagenbestandes hin zu einem verstärkten Einsatz von Wirtschaftsdünger und Reststoffen als Gärsubstrat.

THG-Minderungspotenzial: Nachfolgend wird eine erste, grobe Abschätzung des Minderungspotenzials der Maßnahmenszenarien dargestellt.

Gasdichte Gärrestlager: Wie zuvor beschrieben sind etwa 58 % des Anlagenbestandes nicht gasdicht abgedeckt. Dabei ist zu vermuten, dass überwiegend kleinere Anlagengrößen nicht gasdicht abgedeckt sind. Ursache ist, dass a) in größeren Anlagen die Kostendegressionen zunehmen und somit eine gasdichte Abdeckung allein aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten interessant ist und b) seit dem EEG 2009 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung ab 350 kW gasdicht abgedeckt sein müssen. Um das Treibhausgasminderungspotenzial abzuschätzen, wird daher vereinfachend davon ausgegangen, dass alle Anlagen bis zu einer Leistungsgröße von 150 kW und weitere 2.700 Anlagen mit einer durchschnittlichen Leistung von 360 kW nicht gasdicht abgedeckt sind. Daraus resultiert eine installierte elektrische Leistung von 1.100 MW für Biogasanlagen mit nicht gasdicht abgedeckten Gärrestlagern. Bei einer Auslastung von 8.000 h werden in diesen Biogasanlagen jährlich 8,8 Mio. MWh Strom erzeugt. Wird ein Restgaspotenzial von 10 % unterstellt, ergibt sich ein THG-Minderungspotenzial von jährlich 4,3 Mio. t $CO_{2Äq.}$

Effizientere Wärmenutzung: Das THG-Minderungspotenzial einer besseren Wärmenutzung ist sehr schwer abzuschätzen. Ursache ist, dass a) bisher nur unzureichende Informationen über die

[12] Für Anlagen mit einer Gesamtfeuerungsleistung von mehr als 1 MW (entspricht etwa 350 kW elektrisch) wird seit dem EEG 2009 ein gasdichtes Gärrestlager vorgeschrieben.

bisherige Wärmenutzung vorliegen und b) das künftige Potenzial vor allem durch die Dynamik des künftigen Anlagenzubaus bestimmt wird. Vereinfachend wird angenommen, dass bisher durchschnittlich etwa 30 % der überschüssigen Wärme von Biogasanlagen sinnvoll verwertet wird. Wenn dieser Anteil durch veränderte Rahmenbedingungen im EEG für Neuanlagen auf 70 % erhöht, steigt die Treibhausgaseinsparung mit Biogas um 0,124 kg $CO_{2äq}$/kWh.[13] Der mittlere jährliche Anlagenzuwachs lag zwischen 2002 und 2006 bei 440 Anlagen und zwischen 2007 und 2011 bei 740 Anlagen. Unter der Annahme, dass in den nächsten fünf Jahren jährlich 400 Anlagen neu errichtet werden, ergibt sich ein durchschnittliches THG-Minderungspotenzial von 1 Mio. t $CO_{2Äq}$. [14] Auch bei bestehenden Anlagen gibt es die Möglichkeit, über Mikrogasnetze und Verlagerung der Verstromung in die Nähe von Wärmeverbraucher die Wärmenutzung zu verbessern.

Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz: Auch hinsichtlich des bisherigen Wirtschaftsdüngereinsatzes in Biogasanlagen gibt es keine zuverlässigen statistischen Informationen. Das DBFZ weist auf Grundlage einer Betreiberbefragung einen durchschnittlichen Wirtschaftsdüngeranteil von 43 % aus. Allerdings ist dieser Wert nicht mit der durchschnittlichen Anlagengröße gewichtet. Im gewichteten Mittel ergibt sich lediglich ein Wirtschaftsdüngeranteil von 35 %. Wird bei einer insgesamt installierten Anlagenkapazität in Deutschland von 2.904 MW von einem durchschnittlichen Gülleanteil von 35 % ausgegangen, liegt der Güllebedarf bei etwa 28 Mio. m³. Dies entspricht einem Anteil am Gülleaufkommen von 15 %.[15] Wenn der Gülleanteil in den bestehenden deutschen Biogasanlagen auf durchschnittlich 50 % erhöht wird, werden insgesamt 49 Mio. m³ Gülle benötigt (26 % des Gesamtaufkommens). Soll er hingegen auf 70 % erhöht werden, sind insgesamt 110 Mio. m³ Gülle erforderlich (58 % des Aufkommens). Bei einem Anstieg des Gülleanteils von 35 auf 50 % erhöht sich die THG-Vermeidung um etwa 0,05 kg $CO_{2äq}$/kWh, bei einem Anstieg auf 70 % Gülle sogar um 0,225 kg $CO_{2äq}$/kWh. Daraus ergibt sich insgesamt ein THG-Einsparpotenzial von 1,2 Mio. t $CO_{2äq}$ bzw. 5,2 Mio. t $CO_{2Äq.}$

Kostenwirksamkeit:

Gasdichte Gärrestlager: Nach einer Studie des IFEU liegen die THG-Vermeidungskosten für die gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager zwischen 2 und 100 €/t $CO_{2äq}$ (IFEU 2008:17).

Effizientere Wärmenutzung: Da das Maßnahmenszenario darauf abzielt, dass nur noch Anlagen mit einer marktfähigen Wärmenutzung realisiert werden, sind keine THG-Vermeidungskosten zu berücksichtigen, d. h. es treten keine Vermeidungskosten auf.

Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz: Da unter Berücksichtigung von iLUC und steigenden Agrarpreisen deutlich höhere THG-Vermeidungskosten bei einer NawaRo-basierten Biogaserzeugung auftreten, ist bei der Umstellung des Anlagenbestandes auf Wirtschaftsdünger mit einer Verringerung der THG-Vermeidungskosten zu rechnen. Eine Umstellung von Altanlagen verur-

[13] Fossile Referenz für diese Kalkulation ist der fossile Wärmemix in Deutschland mit $CO_{2äq}$-Emissionen von 0,340 kg $CO_{2äq}$/kWh.

[14] Annahmen: durchschnittliche Anlagengröße: 500 kW; jährliche Auslastung: 8.000 h; Nutzungsdauer der Anlagen: 20 Jahre.

[15] Annahme: GV-Aufkommen: 9 Mio. Rinder-GV; 3 Mio. Schweine-GV; Gülleanfall: 17m³ je Rinder-GV, 12 m³ je Schweine-GV.

sacht jedoch zusätzlich Kosten, da die Auslegung der Anlagen nicht an Wirtschaftsdünger angepasst ist, ggf. Transportkosten für Gülle anfallen und je Anlage weniger Strom erzeugt werden kann, was aus Gründen des Vertrauensschutzes entschädigt werden müsste.

Potenzielle Verdrängungseffekte:

Gasdichte Gärrestlager: Es sind keine Verdrängungseffekte zu erwarten.

Effizientere Wärmenutzung: Hier sind Verdrängungseffekte zu anderen Formen der Wärmenutzung aus erneuerbaren Energien wie z. B. Hackschnitzelheizungen zu prüfen.

Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz: Durch die Substitution eines Teils der Anbaubiomasse werden iLUC-Effekte des Gärsubstratanbaus aufgehoben. Thiering und Bahrs (2011) schätzen, dass eine Nutzung des gesamten Wirtschaftsdüngers in Deutschland eine Maisfläche zwischen 430.000 und 900.000 Hektar ersetzen würde.

Andere Umweltwirkungen:

Gasdichte Gärrestlager: Neben den Methanemissionen können auch die bei der Gärrestlagerung auftretenden Ammoniak- und Lachgasemissionen reduziert werden.

Effizientere Wärmenutzung: Es sind keine negativen Umweltwirkungen zu erwarten.

Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz: Wenn aufgrund des höheren Gülleanteils in Biogasanlagen weniger Mais für die Biogaserzeugung benötigt wird, können in gewissen Umfang andere mit dem Maisanbau assoziierte negative Umweltwirkungen reduziert werden. Allerdings sind die zu erwartenden Effekte gering, da selbst bei einem Massenanteil von 80 % Gülle in der Biogasanlage noch 60 bis 70 % der Energie aus Maissilage gewonnen werden.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die Zusammensetzung der Gärsubstrate, u. a. der Wirtschaftsdüngereinsatz, und die Art der Gärrestelagerung werden bisher nicht statistisch erfasst. Die Anlagen werden zwar jährlich im Rahmen der Festlegung der EEG-Einspeisevergütung (privatrechtlich) auditiert, der Gesetzgeber hat es aber versäumt, ein entsprechendes Monitoring aufzubauen. Ab der Berichterstattung für das Jahr 2013 soll die mit Biogasanlagen zusammenhängenden Wirkungen auf die Gasemissionen vollständig erfasst werden. Die Wärmenutzung wird indirekt in den THG-Inventaren erfasst, wenn die Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern ersetzt wird.

Mögliche Politikmaßnahmen:

Gasdichte Gärrestlager: Da für bestehende Anlagen der Vertrauensschutz gilt, kann die Politik eine gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager nicht nachträglich innerhalb des EEG fordern. Denkbar sind Investitionszuschüsse aus Mitteln der zweiten Säule der EU-Agrarpolitik oder eine Weiterentwicklung von allgemeingültigen Immissionsschutzanforderungen. Für alle Neuanlagen sollten grundsätzlich gasdichte Gärrestlager gefordert werden. Auch erscheint eine regelmäßige sicherheitstechnische und umweltrechtliche Überprüfung der Anlagen sinnvoll.

Effizientere Wärmenutzung: Hierfür müsste die Politik die Vergütungen im EEG soweit nach unten korrigieren, dass nur noch Anlagen mit einer hohen Wärmenutzung rentabel sind. Dann besteht allerdings die Gefahr, dass kein weiterer Ausbau mehr stattfindet. Daher sollte überprüft

werden, ob das bisherige starre Vergütungssystem nicht durch andere Systeme, wie einem Ausschreibungsverfahren ersetzt werden kann (vgl. Zimmer et al. 2011a: 161-163).

Umbau auf Wirtschaftsdünger: Diese Politikmaßnahme ist nur zielführend, wenn die Politik zunächst den weiteren Ausbau des Anlagenbestandes auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen stoppt. Da für den vorhandenen Anlagenbestand der Vertrauensschutz gewährleistet werden muss, kann die Politik lediglich über höhere Vergütungen Anreize schaffen, damit Betreiber bestehender Anlagen ihre Rohstoffbasis verändern. Bei Investitionshilfen für große Tierhaltungsanlagen sollte grundsätzlich eine Nutzung der Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen gefordert werden, weiterhin sind Konzepte für Gemeinschaftsanlagen zu entwickeln.

Zur Abbildung in der Berichterstattung ist eine Erfassung des Gärsubstrateinsatzes und der Gärrestlagerabdeckung rechtlich und institutionell zu verankern, z. B. über eine Auskunftspflicht auf Basis der EEG-Anlagenaudits.

Bewertung:

Gasdichte Gärrestlager: Um die Wirksamkeit und das THG-Potenzial dieser Maßnahme besser abschätzen zu können, ist eine statistische Erfassung zur bisherigen Abdeckung der Gärrestlager erforderlich.

Effizientere Wärmenutzung: Die Politik steckt in dem Dilemma, dass es im Falle einer Übersubventionierung zu erheblichen Mitnahmeeffekten kommt und bei einer Untersubventionierung kein weiterer Ausbau mehr gewährleistet ist.

Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz: Aufgrund von Vertrauensschutz, können höhere Wirtschafsdüngeranteile im Anlagenbestand nur durch zusätzliche Anreize realisiert werden. Es ist zu überprüfen, wie hoch der zusätzliche Anreiz sein muss. Dieser hängt stark vom künftig zu erwartenden Agrarpreisniveau ab. Weiterhin ist davon auszugehen, dass die regionalen Standortbedingungen und damit die erforderlichen Anreize für die Vergärung höherer Wirtschaftsdüngeranteile sehr unterschiedlich sein werden. Daher ist für diese Option ebenfalls zu überprüfen, ob das deutschlandweit einheitliche und starre Vergütungssystem nicht durch flexiblere Ansätze ersetzt werden kann.

5.3.2.2 Anbau von Kurzumtriebsplantagen zur energetischen Nutzung

Beschreibung: Durch Anbau von schnellwachsenden Hölzern auf landwirtschaftlichen Flächen werden im Holz und Boden reversible Kohlenstoffspeicher aufgebaut. Durch energetische Nutzung des Holzes wird ein Teil des biogenen C wieder freigesetzt, aber durch Substitution fossiler Energieträger kann eine dauerhafte Emissionsminderung erzielt werden. Der im Boden akkumulierte Kohlenstoff wird nach Umwandlung einer KUP wieder mineralisiert. Da für den Anbau von KUP kein oder nur wenig mineralischer Stickstoff erforderlich und die Bewirtschaftung extensiv ist, resultiert im Vergleich zum konventionellen Ackerbau eine dauerhafte Emissionsminderung durch Wegfall von THG-Emissionen bei der Düngemittelproduktion und Bewirtschaftung sowie Wegfall extrem klimaschädlicher N_2O-Emissionen durch N-Mineralisierung im Boden.

Maßnahmenszenario: Da nur bei niedrigen Kosten und vergleichsweise hohen Erlösen sowie gleichzeitig geringen Preisen für Marktfrüchte KUPs vorzüglicher als Marktfrüchte sind, scheint ein großflächiger Anbau von KUP derzeit wenig wahrscheinlich.

THG-Minderungspotenzial: Das Minderungspotenzial durch Substitution fossiler Energieträger ist abhängig von der eingesetzten und substituierten Konversionstechnologie, der erzeugten Energie sowie dem substituierten fossilen Energieträger. Der höchste Minderungseffekt wird durch Substitution von Kohle erreicht. Der niedrigste durch Substitution von Gas. Im Vergleich zum deutschen Strommix kann das THG-Minderungspotenzial bei 80 – 90 % pro MWh erzeugten Stroms liegen. Ähnlich hoch ist das Minderungspotenzial auch pro MWh erzeugter Wärme. Je Hektar kann eine THG-Reduzierung von über 10 t $CO_{2\text{-äq.}}$ erreicht werden.

Kostenwirksamkeit: Die auf betrieblicher Ebene ermittelten CO_2-Vermeidungskosten für die energetische Nutzung von KUP können sowohl für die Wärme- als auch die kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung selbst bei Substitution von Gas im negativen oder niedrigen positiven Bereich von -25 bis 75 €/t $CO_{2äq}$ liegen.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Der großflächige Anbau von KUP würde Marktfrüchte oder andere Energiepflanzen verdrängen. Die Energiesubstitution und CO_2-Vermeidung pro Hektar ist bei KUP allerdings um den Faktor 2 bis 5 höher als bei anderen Bioenergielinien wie Kraftstoffe oder Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen. Die derzeit politisch vorgegebenen Substitutionsmengen werden daher auf einer kleineren Fläche erreicht. Auf ackerbaulich weniger günstigen Standorten ist eine Konkurrenz mit Aufforstungen gegeben (Punkt 5.4.2.).

Andere Umweltwirkungen: Gegenüber Marktfrüchten weisen KUP überwiegend positive Umweltwirkungen auf, da Pestizid- und Düngemitteleinsatz deutlich geringer ist. Darüber hinaus sind im Falle kleiner Flächen und linienhafter Strukturen die Erhöhung der Biodiversität, die Strukturierung des Landschaftsbildes, Schutz vor Winderosion, Verbesserung Bodenstruktur aufgrund längerer Bodenruhe positiv zu bewerten. Negativ zu Buche schlägt der höhere Wasserverbrauch im Vergleich zu Ackerkulturen, jedoch ist keine Bewässerung notwendig.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die mit der Festlegung von Kohlenstoff verbundenen Netto-Emissionen von Kurzumtriebsplantagen können in der Berichterstattung erfasst werden, wenn Flächendaten und belastbare Daten zur C-Speicherung vorliegen. Die Substitution von fossilen Energieträgern wird im Energiesektor bereits indirekt durch den sinkenden Verbrauch fossiler Energieträger berücksichtigt.

Mögliche Politikmaßnahmen: KUP als ökologische Vorrangfläche im Rahmen von möglichen „Greening-Maßnahmen“ der neuausgerichteten GAP; Förderung von KUP-Netzwerken oder KUP-basierten Wertschöpfungsketten; Forschung zu Möglichkeiten und Auswirkungen einer Konversion von Grünlandflächen zu KUP. Wegen der sehr hohen Verdunstung von KUP-Baumarten (Pappel, Weide) sind KUP in Regionen mit Niederschlagsdefiziten nicht und auf organischen Böden nur bei sehr hohen Wasserüberschüssen geeignet. Entsprechende Ausschlusskulissen für die Förderung sind vorzusehen. KUP werden als landwirtschaftliche Kultur auf Ackerland eingestuft, die beihilfefähig für die Direktzahlungen ist. Es besteht also kein Ausschluss von Förderungen,

der die weitere Flächenausdehnung von KUP hemmen würde. Die Umwandlung von Grünland in KUP wird dagegen durch Cross Compliance-Anforderungen eingeschränkt.

Bewertung: Effiziente Maßnahme, die wegen Konkurrenzen und Traditionen relativ geringe Umsetzungschancen hat. Sie weist bei geeignetem standörtlichem und landschaftlichem Wasserhaushalt ökologische Vorteile auf, ist aber ökonomisch nicht ohne Risiko.

5.3.2.3 Einsatz von Biokraftstoffen

Durch den Einsatz von Biokraftstoffen werden Treibstoffe aus fossilen Energieträgern ersetzt. Der dabei erzielte THG-Minderungseffekt hängt von der Differenz der kumulierten THG-Emissionen von fossilen und Biokraftstoffen ab. Bei der Produktion von Biokraftstoffen kommt es im Anbau von Energiepflanzen (z. B. Getreide für Ethanol, Raps für Biodiesel) zu direkten THG-Emissionen, hinzukommen Emissionen in der Vorkette, z. B. aus der Düngerproduktion. Des Weiteren kommt es bei der Verarbeitung der Ausgangsstoffe zu Biokraftstoffen und in der Distribution zu Emissionen. Intensiv diskutiert werden die durch den Energiepflanzenanbau ausgelösten direkten und vor allem indirekten Landnutzungsänderungen. Da der Energieertrag pro Flächeneinheit bei der Produktion von Biokraftstoffen besonders niedrig liegt und bisher Ackerbaukulturen für die Kraftstoffproduktion verwendet werden, sind indirekte Effekte auf die Landnutzung zu erwarten (vgl. Kap. 2.4.4). Ohne Einbeziehung indirekter Landnutzungsänderungen können Biokraftstoffe als Ersatz von fossilen Kraftstoffen zu THG-Minderungen führen. Werden flüssige Bioenergieträger in stationären Anlagen verwendet, fällt die THG-Minderung allerdings deutlich höher aus als beim Einsatz im Verkehrssektor. Die Anrechnung indirekter Landnutzungsänderungen (s. Kap. 2.4.2) führt dazu, dass Biokraftstoffe sogar erhöhte THG-Emissionen nach sich ziehen können. Daher kommen Flessa et al. (2012) zu dem Schluss, dass die Verwendung von Biokraftstoffen aus Nahrungspflanzen nicht als Klimaschutzmaßnahme empfohlen werden kann.

5.3.3 Optionen im Bereich der landwirtschaftlichen Flächennutzung und des Torfabbaus

5.3.3.1 Erhaltung von Dauergrünland

Beschreibung: Beim Umbruch von Dauergrünlandflächen geht organische Bodensubstanz in Form von CO_2-Emissionen verloren. Ferner wird im Zuge der verstärkten Mineralisation der organischen Bodensubstanz Stickstoff freigesetzt, dessen Umsetzung N_2O-Emissionen verursachen kann. Der Umbruch von Dauergrünland setzt sehr viel mehr und schneller CO_2 frei als bei Neuschaffung von Grünland wieder gebunden werden kann. Ein Ausgleich der Emissionen aus dem Umbruch durch neu geschaffenes Grünland ist erst nach 200 Jahren erreicht (Poeplau et al., 2011). Daher ist es wichtig, das existierende Dauergrünland flächenscharf zu erhalten. Die Erhaltung der Netto-Grünlandfläche mit Möglichkeit zur Verschiebung, wie sie unter Cross Compli-

ance vorgesehen ist, ist dagegen kaum emissionsmindernd wirksam. Die Minderung ist vollständig reversibel, wenn der Dauergrünlandschutz aufgehoben wird.

Maßnahmenszenario: Erhalt des Dauergrünlandes im jetzigen Umfang auf den jetzt als Dauergrünland genutzten Flächen. Die Maßnahme ist kurzfristig umsetzbar und z. B. in Baden-Württemberg bereits implementiert.

THG-Minderungspotenzial: Der Verlust an organischem Bodenkohlenstoff nach der Umwandlung von Grünland zu Ackerland hängt stark von den Standortfaktoren ab (z. B. Tongehalt, Wassersättigung oder Durchschnittstemperatur (Johnston et al., 2009)). Unter gemäßigten Klimabedingungen geht in Folge der Umwandlung der Kohlenstoffvorrat im Boden (oberste 27 cm) um ungefähr ein Drittel zurück (Poeplau et al., 2011). Dabei werden zwischen 36 und 86 t CO_2 pro Hektar freigesetzt.

In Abhängigkeit von Standort und Management variiert die N-Mineralisation im ersten Jahr nach der Umwandlung zwischen 127 bis 400 kg N/ha (Velthof et al., 2002). Eine erhöhte N_2O-Freisetzung ist insbesondere bei Grünlandumbruch im Herbst zu beobachten, da der mineralisierte Stickstoff außerhalb der Vegetationsperiode nur unzureichend genutzt werden kann (Vellinga et al. 2004).

Im Nationalen Treibhausgasinventar (aktuelle Berechnung für Submission 2013) sind in den letzten Jahren jährlich 34.100 Hektar Grünlandumbruch verbucht worden, wobei die starke Umbruchswelle in Norddeutschland nur unvollständig erfasst wurde. 2.300 Hektar davon sind auf organischen Böden, auf denen laut BNatSchG Grünlandumbruch verboten ist. Dies resultiert in jährlichen Treibhausgasemissionen von 2,5 bis 3,1 Mio. t $CO_{2äq}$, die komplett beim Umsetzen der Maßnahme eingespart werden.

Kostenwirksamkeit: Mit der Unterlassung der Umwandlung sind für den Landwirt keine direkten Kosten verbunden. Allerdings fallen für ihn evtl. Opportunitätskosten an. Diese hängen unter anderem von der Agrarstruktur und der Marktlage ab. In Hinblick auf letztere ist insbesondere das Verhältnis der Wirtschaftlichkeit zwischen der Milcherzeugung einerseits und der Getreideerzeugung andererseits zu beachten. Geht man von einer unbefristeten Dauer der Zahlungen (ewige Rente) aus, setzt den Unterschied in der Wirtschaftlichkeit zwischen Acker und Grünland mit dem der mittleren Pachtpreise gleich (100 bis 200 € / ha) und unterstellt eine Gesamtvermeidung von ungefähr 140 t $CO_{2äq}$ / ha (Mineralboden), so ergeben sich Kosten in Höhe von 15 – 60 € /t $CO_{2Äq.}$[16] Diese Kosten reduzieren sich stark, wenn das Mähgut stärker als bisher als nachwachsender Rohstoff für die stoffliche oder energetische Nutzung eingesetzt wird.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Bei der Unterlassung der Umwandlung sind zwei gegenläufige Substitutionen zu unterscheiden. Die Bereitstellung von zusätzlicher Ackerfläche führt zu einem geringeren Flächen- und Intensivierungsdruck in anderen Regionen. Können jedoch auf dem Grünland ohne Berücksichtigung der Bodenkosten wirtschaftlich Futter erzeugt und veredelt werden oder nachwachsende Rohstoffe erzeugt werden, so muss bei einer Umwandlung dieses

[16] Der niedrige Wert geht von einem Zinssatz von 4% und 100 € Preisdifferenz aus, der Hohe von 2% und 200 €.

fehlende Futter bzw. der Rohstoff substituiert werden, und diese Effekte sind gegen zu rechnen. Vermutlich kompensieren sich potenzielle positive und negative Effekte relativ stark.

Andere Umweltwirkungen: Grünlandumbruch erhöht die Gefahr der Nitratauswaschung und der Erosion in Hanglagen und Überschwemmungsgebieten und ist aus Sicht des Bodenschutzes, des Wasserhaushalts und der Wasserqualität. Der Umbruch von Grünlandflächen ist aus Sicht der Biodiversität wegen Habitat- und Artenverlusten negativ zu bewerten.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Nur die CO_2-Freisetzung bei Umwandlung von Grünland zu Acker ist derzeit im Inventar abgebildet, da die N_2O-Freisetzung derzeit noch nicht verpflichtend berichtet werden muss.

Mögliche Politikmaßnahmen: Flächenscharfes Umbruchverbot von Dauergrünland. Dies muss nicht nur für die feuchten Böden und Böden mit hohen Vorräten an Bodenkohlenstoff gelten, wie es im Rahmen von Cross-Compliance (GLÖZ 7) derzeit verhandelt wird, und wie es bei wirksamer Umsetzung des geltenden BNatSchG durch die Bundesländer bereits der Fall sein sollte. Für den Klimaschutz ist ein dauerhafter flächenscharfer Erhalt des existierenden Dauergrünlands insgesamt erforderlich, da die meisten umgebrochenen Flächen nicht durch die zukünftige Cross-Compliance Regelung erfasst würden.

Bewertung: Aus Gründen des Klimaschutzes ist ein Erhalt des existierenden Dauergrünlandes angezeigt, da hier erhebliche CO_2-Emissionen entstehen. Ferner ist auf diesen Standorten aufgrund ihrer oft hohen Bodenfeuchte mit nennenswerten N_2O-Emissionen bei einer intensiven ackerbaulichen Nutzung zu rechnen. Es gibt vielfältige starke Synergien mit anderen Feldern der Agrarumweltpolitik. Die Grünlanderhaltung sollte durch die Entwicklung ökonomisch tragfähiger Nutzungskonzepte unterstützt werden.

5.3.3.2 Umbruchlose Grünlanderneuerung

Beschreibung: Umbruchlose Grünlanderneuerungsmaßnahmen in Form von Übersaat- oder Nachsaatverfahren bei Erhalt der Grasnarbe tragen im Vergleich zu Verfahren, die die Grasnarbe abtöten, zum Erhalt des organischen Bodenkohlenstoffs bei und vermeiden die Freisetzung von CO_2 und N_2O. Bei Rückumwandlung ist die Minderung vollständig reversibel.

Maßnahmenszenario: Die Grünlanderneuerung mit Umbruch findet sich fast ausschließlich auf intensiv geführten Mineralbodenstandorten in Nordwestdeutschland. Die Maßnahme ist kurzfristig umsetzbar.

THG-Minderungspotenzial: Die regelmäßige Grünlanderneuerung durch Umbruch und Neuansaat führt nach dem derzeitigen Kenntnisstand wahrscheinlich zu ähnlich hohen CO_2- und N_2O-Emissionen wie die Umwandlung, da der Abbau organischer Substanz nach dem Umbruch deutlich schneller verläuft als der Wiederaufbau des Humusvorrats nach Neuansaat. Auch bei der Grünlanderneuerung mit Totalherbiziden kommt es zu stark erhöhten CO_2- und N_2O-Emissionen

(Velthof et al., 2010). Auf Basis der Schätzgleichungen von Poeplau et al. (2011) müssen mindestens 5 Jahre zwischen den einzelnen Umbrüchen liegen, um den Bodenkohlenstoff zu erhalten.

Kostenwirksamkeit: Auf Grundlage der Akzeptanz der Maßnahme B0 des niedersächsischen Agrarumweltprogramms ist bei der umbruchlosen Grünlanderneuerung mit einem zusätzlichen Aufwand von 50 bis 100 €/ha zu rechnen. Die Kostenwirksamkeit ist offen, da der Umfang der Treibhausgasminderung unklar ist.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Da die umbruchlose Grünlanderneuerung bei entsprechender Technik keine Auswirkung auf den Ertrag hat, sind keine Verdrängungseffekte zu erwarten.

Andere Umweltwirkungen: Die flächige Erneuerung von Grünlandflächen ist aus Sicht der Biodiversität negativ zu bewerten.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Grünlandmanagementverfahren, wie die umbruchlose Grünlanderneuerung, werden gegenwärtig nicht berücksichtigt und sind durch ein reines Flächenmonitoring nur schwer erfassbar und kaum abbildbar.

Mögliche Politikmaßnahmen: Festlegung der Grünlanderneuerung im Bestand als Teil der guten fachlichen Praxis.

Bewertung: Für die Bewertung der umbruchlosen Grünlanderneuerung auf mineralischen Standorten fehlt im Augenblick eine belastbare Datenbasis sowohl auf naturwissenschaftlicher Seite (welche Effekte sind in Abhängigkeit von der Umbruchfrequenz zu erwarten) als auch hinsichtlich der Verbreitung der flächigen Grünlanderneuerung und der Umbruchfrequenzen in der Praxis.

5.3.3.3 Umwandlung von Acker- zu Dauergrünland

Beschreibung: Die Umwandlung von Acker zu Dauergrünland kann die Festlegung von Bodenkohlenstoff fördern und somit als CO_2-C-Senke wirken. Die Minderungen sind vollständig reversibel, wenn das Grünland wieder in Acker rückverwandelt wird.

Maßnahmenszenario: Umwandlung der Äcker auf Böden mit hohem Kohlenstoffvorrat in Grünland. Diese Fläche beträgt allein in Niedersachsen, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ungefähr 20-30 % der Ackerfläche. Eine Umsetzung der Maßnahme sollte in einem Zeitraum von 20-30 Jahren angestrebt werden, um die Kosten senkenden Effekte des Strukturwandels zu nutzen (weitgehende Nutzung vorhandener Gebäude und Maschinen).

THG-Minderungspotenzial: Maßnahmenszenario für kohlenstoffreiche Mineralböden (Anmoore): Die Anreicherung von organischem Kohlenstoff in Mineralböden nach Umstellung auf Grünlandnutzung erfolgt langsam über einen sehr langen Zeitraum. Bei Ausgangs-Bodenkohlenstoffgehalten von 46 t C/ha (mittleres Niveau) ist in den ersten 20 mit Jahren einer mittleren Anreicherung von 12 t CO_2 / ha / a zu rechnen. Diese sinkt in den folgenden 80 Jahren auf 5 t CO_2 / ha / a) (Poeplau et al. 2011). Ein neues Humusgleichgewicht wird wahrscheinlich erst nach 200 Jahren erreicht (Poeplau et al. 2011).

Maßnahmenszenario für Moorböden: siehe Maßnahmen in Mooren

Kostenwirksamkeit: Im Gegensatz zur Maßnahme „Erhaltung von Dauergrünland“ entstehen für den Landwirt pagatorische Kosten, in Form von Erlösausfällen, insbesondere wenn er keine Möglichkeit zur Nutzung des Raufutters hat. Diese Ausfälle können dann die für Maßnahme „Erhaltung von Dauergrünland“ aufgeführten Pachtpreisunterschiede um den Faktor 2-3 überschreiten. Des Weiteren gelten die bei Maßnahme „Erhaltung von Dauergrünland“ ausgeführten Überlegungen.

Potenzielle Verdrängungseffekte: siehe Maßnahme „Erhaltung von Dauergrünland“

Andere Umweltwirkungen: siehe Maßnahme „Erhaltung von Dauergrünland“

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: siehe Maßnahme „Erhaltung von Dauergrünland“

Mögliche Politikmaßnahmen: Förderprogramm zur Umwandlung von Ackerland in Grünland auf Mineralböden mit hohen Kohlenstoffvorräten im Rahmen von Agrar-Umwelt-Maßnahmen. Da diese Flächen zwischen den Bundesländern ungleich verteilt sind, ist eine Beteiligung des Bundes z. B. über die GAK oder ein Lastenausgleich zwischen den Bundesländern unerlässlich.

Bewertung: Die C-Sequestrierung im Boden bei Umwandlung zu Grünland läuft ungefähr um den Faktor 4 bis 5 langsamer ab als die Freisetzung bei einer Nutzungsänderung in der anderen Richtung. Dies hat keine direkten Auswirkungen auf gesamten Vermeidungskosten je ha und t $CO_{2äq}$ im Vergleich zur Maßnahme „Erhaltung von Dauergrünland“, führt aber dazu, dass diese Vermeidung erst über einen längeren Zeitraum realisiert werden kann. Aus diesem Grund ist bei vergleichbaren Standorten der Maßnahme „Erhaltung von Dauergrünland“ der Vorzug einzuräumen.

Alternativ ist auch die Umwandlung von Äckern in Kurzumtriebsplantagen denkbar. Hier ist in den ersten Jahren allein über die C-Sequestrierung im Boden mit einer Wirkung in der Größenordnung von 1,5-5,9 t CO_2 / ha / a zu rechnen (Flessa et al., 2012, S. 287). Allerdings bestehen noch Unsicherheiten hinsichtlich der mittel- und langfristigen Auswirkungen, v.a. hinsichtlich eines ausreichenden Wasserdargebotes für die sehr intensiv verdunstenden Baumarten wie Pappeln und Weiden, die bei Kurzumtriebsplantagen bevorzugt eingesetzt werden.

Je höher der Kohlenstoffvorrat im Boden ist, desto höher sollte die Priorität in der Umwandlung des Ackers in andere Landnutzungen sein, da die Kohlenstofffreisetzung bei fortgeführter Ackernutzung stark mit der Höhe der Vorräte korreliert.

5.3.3.4 Dauerhafte Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren

Beschreibung: Durch die Erhöhung des Wasserstandes können Treibhausgasemissionen aus drainierten Moorflächen verringert werden. Die C-Speicherfunktion von Mooren kann bei nahezu vollständiger Vernässung wieder hergestellt werden. Die Höhe der Treibhausgaseinsparung ist von der Höhe des Wasserstandes sowie von der sich einstellenden Vegetation abhängig. Klima-

neutral werden Moore erst bei naturnahen Wasserständen (mittlerer Jahreswasserstand um 10 cm unter Geländeoberfläche). Bei diesen Wasserständen ist mit der jetzigen Technik und Kulturen die Nutzung der Standorte nahezu ausgeschlossen.

Maßnahmenszenario: Wiedervernässung von 75 % der ca. 1,2 Mio. ha landwirtschaftlich genutzten Moore in Deutschland in den kommenden 20-30 Jahren (~ 900.000 ha) (Ziel: Naturnaher Wasserstand im Mittel ca. 10 cm unter Flur). Vorrang könnte die Vernässung von größeren Moorkörpern mit niedriger Wertschöpfung haben. In Regionen, die durch Infrastrukturmaßnahmen schon stark überprägt sind, ist zu klären, in welchen Teilen bzw. mit welchem Aufwand eine vollständige Wiedervernässung möglich ist. In einigen Moorregionen Brandenburgs könnte das Wasserdargebot für eine flächige vollständige Wiedervernässung der Moore nicht ausreichend sein. Für Regionen mit starken Restriktionen für die vollständige Wiedervernässung wird auf die nachfolgenden Maßnahmen verwiesen. Die Wiedervernässung von Moorflächen ist Bestandteil der deutschen Biodiversitätsstrategie und der Moorschutzprogramme der Bundesländer. Für die Umsetzung ist ein längerer Zeitraum notwendig.

THG-Minderungspotenzial: Pro ha können durch die Wiedervernässung intensiver Standorte 40 t $CO_{2äq}$ / ha / a eingespart werden (Drösler et al.; 2011). Pro Hektar ist das THG-Minderungspotenzial abhängig von der Intensität der Drainage. Je tiefer die Wasserstände vor der Wiedervernässung sind, desto größer ist die Klimaschutzwirkung pro Hektar. Werden hingegen extensiv genutzte Grünlandflächen vernässt, liegen die Einsparung typischerweise bei 20 t $CO_{2äq}$ / ha / a. Insgesamt liegt das technische THG-Minderungspotenzial bei 30-35 Mio. t $CO_{2äq}$/ a.

Da die Wiedervernässung mit Investitionen und Nutzungsänderungen einhergeht, ist von einer langfristigen Wirksamkeit auszugehen. Aktuell laufende Wiedervernässungsprojekte für den Klimaschutz sichern die Langfristigkeit der Maßnahme z. B. durch Flächenkauf durch die öffentliche Hand oder Einträge ins Grundbuch.

Kostenwirksamkeit: Die mittleren Kosten liegen je nach Berechnungsgrundlage (Nettowertschöpfung, Deckungsbeitrag/Veredlungswert) zwischen 2 bis 42 €/t $CO_{2äq}$ (Röder und Osterburg, 2012; Schaller et. al, 2012), Werte von 70 € / Tonne $CO_{2äq}$ werden nur in Ausnahmefällen überschritten (Röder und Grützmacher (2012). Extremwerte können bis 135 €/t $CO_{2äq}$ reichen (Schaller et. al, 2012).

Potenzielle Verdrängungseffekte: Die vollständige Wiedervernässung verdrängt die herkömmliche landwirtschaftliche Produktion. Im Vergleich zu den sehr hohen Treibhausgasemissionen aus entwässerten Mooren sind diese Emissionen aus der Intensivierung oder Neukultivierung anderer Flächen viel geringer. Nasse Moorflächen eignen sich jedoch zur Produktion nachwachsender Rohstoffe, z. B. Torfmoose und Gräser als Torfersatzstoffe. Die nasse Moornutzung („Paludikultur“) ist noch in der Pilotphase.

Andere Umweltwirkungen: Die Vernässung von Moorstandorten hat zahlreiche positive Umweltwirkungen, die überwiegend im Bereich des Natur- und Artenschutzes liegen (vgl. Ziele der Nationalen Biodiversitätsstrategie). Des Weiteren sind positive Effekte in Bezug auf Nährstoffretention und Wasserhaushalt zu nennen, v.a. in intensiv landwirtschaftlich genutzten Niedermooren.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Da nicht bekannt ist, wie nass genutzte bzw. wiedervernässte Moorflächen sind und welche Moorschutzmaßnahmen tatsächlich zu einer Wiedervernässung geführt haben, wird die Wiedervernässung von Mooren derzeit im nationalen Treibhausgasinventar nicht berücksichtigt. Einer ersten, unvollständigen Erhebung des Thünen-Instituts zufolge könnten bereits mehrere 10.000 Hektar Moorflächen seit 1990 wiedervernässt worden sein. Die Voraussetzung für eine Anrechnung ist die flächenmäßige Erfassung der wiedervernässten Flächen und ihres hydrologischen Zustands. Das Thünen-Institut und einzelne Bundesländer haben dazu bereits Aktivitäten gestartet, die aber noch nicht ausreichen, um eine bundesweite Datengrundlage für die Berichterstattung in den nächsten Jahren zu schaffen.

Mögliche Politikmaßnahmen: Förderprogramm zur Wiedervernässung von Mooren im Rahmen von Flurneuordnung, Agrar-Umwelt-Maßnahmen und investiver Förderung. Da die Moorflächen zwischen den Bundesländern ungleich verteilt sind, wäre eine Kofinanzierung des Bundes z. B. über die GAK sinnvoll. Des Weiteren sind Pilotprojekte, z. B. für nasse Moornutzung oder die Entwicklung von Moorschutzprojekten für den freiwilligen CO_2-Zertifikatemarkt zu nennen (vgl. Moorfutures in Mecklenburg-Vorpommern).

Bewertung: Aufgrund der hohen absoluten Bedeutung der THG-Emissionen aus Mooren (5,6 % der nationalen Emissionen 2010), den vergleichsweise niedrigen CO_2-Vermeidungskosten und starken Synergien mit Biodiversitätszielen und der Wasserrahmenrichtlinie ist diese Maßnahme prioritär zu verfolgen. In Anbetracht der betroffenen Flächenkulisse (absoluter Umfang und räumliche Konzentration) besteht ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf, Landnutzungsformen zu entwickeln, die wiedervernässten Moore nutzen können und so eine Wertschöpfungsalternativen zur Landwirtschaft mit Entwässerung darstellen (siehe Maßnahme „Nutzung von nasse Mooren“). Kurzfristig ist eine weitere Nutzungsintensivierung und verstärkte Entwässerung der betreffenden Gebiete zu verhindern (s. Maßnahme 5.3.3.1 und 5.3.3.6).

5.3.3.5 Extensivierung der Nutzung von Mooren

Beschreibung: Neben der Anhebung des mittleren jährlichen Wasserstandes kann die Mineralisation des Torfkörpers durch Änderung der Bewirtschaftung verringert werden. Hier sind insbesondere die Umwandlung von Acker zu Grünland sowie die Grünlandextensivierung in Kombination mit einer Anhebung des Wasserstandes zu nennen. Auch ein saisonales Anheben des Wasserspiegels im Winterhalbjahr in Kombination mit der Etablierung von Zeitfenstern mit für die Bewirtschaftung ausreichend niedrigen Wasserständen im Frühsommer und Herbst ermöglicht eine Reduzierung der CO_2-Emissionen.

Maßnahmenszenario: Es werden alle Moorflächen betrachtet, auf denen der Zielwasserstand langfristig nicht auf das Niveau der Maßnahme „Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“ angehoben werden kann. Zusätzlich Übergangsphase für kleinere Flächen in Gebieten in denen der Zielwasserstand der Maßnahme „Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“ angestrebt wird, solange noch nicht alle mit dieser Maßnahme verbundenen eigentums-, wasser- und planungsrechtlichen Fragen geklärt sind.

THG-Minderungspotenzial: Grob vereinfacht kann man davon ausgehen, dass eine Umwandlung von Acker zu extensiv genutztem Grünland, ohne Veränderung des Wasserstandes, die Emissionen um ungefähr 5 t $CO_{2äq}$/ha/a reduzieren kann (Flessa et al., 2012, S. 228). Prinzipiell hat eine Extensivierung der Grünlandnutzung ohne Anhebung des Wasserstandes nur eine geringe und sehr unsichere Klimaschutzwirkung. Im Sinne des Klimaschutzes ist eine Anhebung des mittleren Wasserstandes auf mindestens 20 cm unter Geländeoberfläche anzustreben.

Durch Extensivierung mit Anhebung des Wasserspiegels wird die Torfzehrung deutlich verlangsamt, aber nicht vollständig unterbunden. Die Emissionsminderung ist so lange wirksam, wie die teilweise Vernässung der Flächen anhält – in der Regel langfristig.

Kostenwirksamkeit: Aufgrund der geringeren Klimaschutzwirkung je ha sind die CO_2-Minderungskosten bei einer Extensivierung der Nutzung meist deutlich höher als bei einer Wiedervernässung mit weitgehender Nutzungsaufgabe (Schaller et al., 2012). Insbesondere wenn Ackerfutterflächen in extensiv genutztes Grünland umgewandelt werden, können Minderungskosten von über 200 €/t $CO_{2äq}$ auftreten.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Die Extensivierung begleitet mit einer zeitweiligen Wiedervernässung führt zu einer Minderung des Ertrags und damit zu einer Verlagerung der Produktion. Im Vergleich zu den sehr hohen Treibhausgasemissionen aus entwässerten Mooren sind diese Emissionen meist viel geringer.

Andere Umweltwirkungen: Die Extensivierung von Moorstandorten hat zahlreiche positive Umweltwirkungen, die überwiegend im Bereich des Natur- und Artenschutzes liegen (vgl. Ziele der Nationalen Biodiversitätsstrategie). Des Weiteren sind positive Effekte in Bezug auf Nährstoffretention und Wasserhaushalt möglich, allerdings in geringerem Umfang als bei einer vollständigen Wiederherstellung eines naturnahen Wasserzustands.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Minderungen der Treibhausgasemission aus landwirtschaftlich genutzten Mooren durch eine Anhebung des Wasserspiegels bei Beibehaltung der gleichen Nutzungsform werden derzeit mangels Daten zu betroffenen Flächen und deren Wasserständen nicht in der nationalen Emissionsberichterstattung abgebildet. Die Umwandlung von Acker zu Grünland wird abgebildet. Grundsätzlich ist die Berichterstattung aber bei vorhandenen Aktivitätsdaten einfach implementierbar.

Mögliche Politikmaßnahmen: siehe Maßnahmen „Dauerhafte Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“, zusätzlich Förderung der Extensivierung der Grünlandnutzung in Mooren und der Umwandlung von Acker in Grünland über Agrar-Umwelt-Maßnahmen, evtl. gezielte Förderung von Maschinen, die eine Bewirtschaftung bei höheren Grundwasserständen erlauben.

Bewertung: Die Maßnahme ist als zweitbeste Option zu sehen, wenn die dauerhafte Wiedervernässung nicht möglich ist. In der Zwischenzeit besteht in Anbetracht der betroffenen Flächenkulisse ein erheblicher Forschungsbedarf, bestehende Landnutzungstechniken so zu verändern, das eine landwirtschaftliche Nutzung der Flächen bei höheren Wasserständen möglich ist.

5.3.3.6 Keine Neudrainage, Erneuerung und Vertiefung von Drainagen in Mooren

Beschreibung: Gedrainte Moorböden sacken durch Verdichtung und v. a. die CO_2-Freisetzung aus dem Torfschwund um einige Millimeter bis Zentimeter pro Jahr. Bei Ackernutzung liegt der Höhenverlust jährlich typischerweise bei 1-4 Zentimeter. Dadurch sinkt die bewirtschaftete Fläche dichter an das Niveau der Drainagesole, sodass nach einigen Jahrzehnten Vertiefungen der Graben- und Rohrdrainagen durchgeführt werden. So wird der Torfkörper schrittweise zersetzt und weiter entwässert. Eine erste flankierende Maßnahme für den Klimaschutz ist es daher, die Neudrainage, Erneuerung und Vertiefung von Drainagen in Mooren einzustellen.

Maßnahmenszenario: Es werden alle Moorflächen betrachtet, auf denen der Zielwasserstand langfristig nicht auf das Niveau der Maßnahme „Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“ angehoben werden kann. Zusätzlich Übergangsphase für kleinere Flächen in Gebieten in denen der Zielwasserstand der Maßnahme „Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“ angestrebt wird, solange noch nicht alle mit dieser Maßnahme verbundenen eigentums-, wasser- und planungsrechtlichen Fragen geklärt sind. Moore sind meist durch Gräben entwässert, in die Rohrdrainagen aus den Einzelflächen münden.

THG-Minderungspotenzial: Die Maßnahme trägt nicht sofort zum Klimaschutz bei, bewirkt aber ein Auslaufen der Treibhausgasemissionen aus dem Torfschwund durch die derzeit vorhandene Drainage. Der bereits trockengelegte Teil des Torfs würde weitere 50 bis 100 Jahre emittieren und verschwinden, bis die Mooroberfläche in einen naturnahen Abstand zum Grundwasser herabgesunken ist. Ein unbekannter Teil der landwirtschaftlich genutzten Moore ist aber so stark in den Untergrund hinein entwässert, dass der noch vorhandenen Torf vollständig verloren gehen wird. Die Maßnahme wirkt aber flankierend für ein Umsteuern der Nutzung hin zu nasseren und standortangepassten Praktiken.

Kostenwirksamkeit: Langfristig fallen ggf. Opportunitätskosten an, wenn die Nutzung an die nasseren Verhältnisse angepasst werden muss. Diese Anpassung findet de facto aber bereits an vielen Stellen statt. Kosten für investive Maßnahmen für weitere Drainagen und Wassermanagement entfallen dagegen. Daher ist die Maßnahme besonders dort wirksam, wo Investitionen in die Entwässerung anstehen.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Da lange Übergangszeiten zu einer nassen standortangepassten Moornutzung bleiben, sind keine signifikanten Verdrängungseffekte zu erwarten.

Andere Umweltwirkungen: Nicht quantifizierbar.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Nicht nötig, da nicht direkt klimawirksam. Die Erfassung sollte direkt über Flächen und deren hydrologischen Zustand stattfinden.

Mögliche Politikmaßnahmen: Während Maßnahmen der Wasserregulation an Gräben das Wasserrecht tangieren, sind Rohrdrainagen Einzelflächen-bezogen und daher u. a. mit flächen- und betriebsbezogenen Maßnahmen der Agrarförderung erreichbar. Denkbar wäre auch, in GLÖZ 6

keine Neudrainage oder Drainagevertiefung festzulegen und als gute fachliche Praxis festzuschreiben. Ebenso sind ordnungsrechtliche Schritte denkbar. Evtl. gezielte Förderung von Maschinen, die eine Bewirtschaftung bei höheren Grundwasserständen erlauben.

Bewertung: Die Maßnahme ist als flankierende Option für Mindeststandards zu sehen.

5.3.3.7 Nutzung von nassen Mooren

Beschreibung: Die Nutzung von Moorböden mit naturnahem Wasserstand ist grundsätzlich möglich, z. B. für standortangepasste Kulturen (Arznei- und Kosmetikpflanzen, nachwachsende Rohstoffe für Fasern, Baumaterial und Torfersatz, Beeren…). Es fehlen aber noch überzeugende Ansätze für eine großskalige Verbreitung von vielversprechenden Pilotprojekten. Hier gilt es, Pilotprojekte für den Anbau und die Verwendung von standortangepassten Kulturen zu fördern und die Märkte zu entwickeln. Erfolgreiche Beispiele wie die Streubörse der Allgäuer Moorallianz zeigen, dass regional angepasste Konzepte eine nasse Moornutzung attraktiv machen können. Die Nutzung von nassen Mooren für schnellwüchsige Gehölze gehört hier explizit nicht dazu, da diese sehr stark verdunsten und so nicht sicher gewährleistet bleibt, dass der naturnahe Wasserzustand der Flächen erhalten bleibt (siehe Maßnahme „Waldmoorschutz“).

Maßnahmenszenario: Alle Moorflächen, die zur Landschaftspflege genutzt werden und alle landwirtschaftlich genutzten Moorflächen, die zu naturnahen Wasserverhältnissen vernässt werden.

THG-Minderungspotenzial: Leicht geringer als bei der Maßnahme „Dauerhafte Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“, da die Nutzung von nassen Mooren zwar den vorhandenen Torfkörper schützt, aber die Neubildung von Torf dadurch verhindert, dass regelmäßig Biomasse geerntet wird und so die Nachlieferung von Substrat für die Torfbildung fehlt. Bundesweit liegt das technische Minderungspotenzial bei bis zu 30 Mio. t $CO_{2Äq.}$ / a.

Kostenwirksamkeit: Deutlich geringer als bei der Maßnahme „Dauerhafte Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“, da die Nutzung von nassen Mooren weiterhin Wertschöpfung auf den Flächen ermöglicht. Selbst negative CO_2-Vermeidungskosten sind gut denkbar.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Nicht quantifizierbar aber gering, da die Produktion auf den Flächen erhalten bleibt, sich aber das Produktspektrum ändert.

Andere Umweltwirkungen: Bezüglich Wasserhaushalt und Nährstoffretention gilt Ähnliches wie bei der Maßnahme „Dauerhafte Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“. Mögliche Synergien oder Konflikte mit Biodiversität hängen von der jeweiligen Nutzungsform und regionalen Gegebenheiten ab.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Derzeit nicht relevant. Zukünftig über die Erfassung bestimmter Kulturarten, Förderflächen etc. denkbar.

Mögliche Politikmaßnahmen: Förderung von Pilotprojekten zur Entwicklung und Verbreitung der nassen Moornutzung, Entwicklung von Märkten und Dokumentation für die Emissionsberichterstattung, z. B. im Rahmen von Investitionsförderungen, Agrar-Umweltmaßnahmen und GAK.

Bewertung: Aufgrund der hohen absoluten Bedeutung der THG-Emissionen aus Mooren (5,6 % der nationalen Emissionen 2010), den sehr niedrigen oder gar negativen CO_2-Vermeidungskosten und starken Synergien mit der Wasserrahmenrichtlinie ist diese Maßnahme gemeinsam mit der Maßnahme „Dauerhafte Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“ prioritär zu verfolgen.

5.3.3.8 Reduzierung der Torfverwendung

Beschreibung: Durch die Verwendung von Torferden werden Treibhausgasemissionen aus der Vorbereitung der Flächen zur Abtorfung, der Abtorfung selbst, indem der gewonnene Torf zeitverzögert zu CO_2 mineralisiert wird, sowie durch die nachfolgende Nutzung der abgetorften Fläche frei. Des Weiteren müssen CO_2-Emissionen berücksichtigt werden, die durch den maschinellen Einsatz zur Abtorfung entstehen.

Maßnahmenszenario: Vollständiger Verzicht auf Torfe im Hobbygartenbau (30 % des gegenwärtigen Verbrauchs), und jeweils 50 % Reduzierung im Landschafts- (10 % des Verbrauchs) und Erwerbsgartenbaus ohne Substitution durch Ersatzstoffe. Torfrecycling im Gartenbau. Der Einsatz von Torf im Hobby- und Landschaftsgartenbau kann eingeschränkt werden; im Erwerbsgartenbau Ersatz des Torfs durch erneuerbare Ersatzstoffe und Rohstoffrecycling. Eine Umsetzung der Maßnahme sollte in einem Zeitraum von 20-30 Jahren angestrebt werden, da bei der Suche nach Ersatzstoffen noch Forschungsbedarf besteht und Torfersatzstoffe am Markt etabliert werden müssen.

THG-Minderungspotenzial: Laut UBA (2010) betrug die CO_2-Freisetzung in Deutschland durch Abbau und Nutzung von Torf im Jahr 2008 1,9 Mio. t CO_2. Davon könnten bis zu 75 % durch die konsequente Vermeidung von „Luxuskonsum“ mittel- bis langfristig eingespart werden (Flessa et al., 2012, S. 245). Werden statt der Torfe verstärkt Ersatzstoffe verwendet, kann die Treibhausgaseinsparung in Abhängigkeit von den Erfassungswegen geringer ausfallen (Knappe et al., 2012).

Kostenwirksamkeit: Da bereits ein signifikanter Anteil des Torfs mit Ersatzstoffen gemischt wird, sind niedrige CO_2-Vermeidungskosten zu erwarten. Allerdings ist nicht das Kostenargument, sondern die Bereitstellung ausreichender Mengen von Ersatzsubstraten limitierend. Wird lediglich Luxuskonsum verringert, sind die Kosten negativ. Deutsche Torfhersteller arbeiten bereits an der stärkeren Beimischung von Torfersatzstoffen. Diese sind aber wegen der hohen Bioenergieförderungen derzeit nicht ökonomisch einsetzbar. Der Anbau von Torfmoosen oder anderen Kulturen auf wiedervernässten Moorflächen wird die Kosten reduzieren.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Verdrängungseffekte durch die Reduzierung der Torfverwendung sind nicht gegeben. Die Reduzierung der Torfverwendung erlaubt auch die Einschränkung des Torfabbaus. Werden als Torfersatzsubstrate Reststoffe genutzt, wie z. B. Grünkompost oder Baumrinden, bestehen Verdrängungseffekte, wenn für diese alternativ eine energetische Verwendungsmöglichkeit besteht.

Andere Umweltwirkungen: siehe Maßnahme „Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren“.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: In der Emissionsberichterstattung werden nur die in Deutschland abgetorfte Torfmenge und die Emissionen aus den Torfabbauflächen berücksichtigt. Eine Reduzierung dieser Menge schlägt sich demnach in der Emissionsberichterstattung nieder. Importe von Torferden werden nicht berücksichtigt.

Mögliche Politikmaßnahmen: Programm zur Erforschung von Torfersatzstoffen. Beratungs- und Informationsmaßnahmen. Verbot des Einsatzes von Torferden im Hobbygartenbau. Vorgabe der Verwendung von Torfersatzstoffen in den Vergaberichtlinien für öffentliche Aufträge im garten- und Landschaftsbau.

Bewertung: Eine Reduzierung der Torfverwendung trägt zur Minderung von Treibhausgasemissionen bei. Für den Erwerbsgartenbau müssen Torfersatzsubstrate entwickelt und bezüglich der Verfügbarkeit von Ausgangsstoffen und gartenbaulicher Eignung untersucht werden. Durch entsprechende gesetzliche und planerische Rahmenbedingungen sollten Stoffströme so gelenkt werden, dass eine Bedarfsdeckung für nachwachsende Rohstoffe einschließlich Torfersatzsubstraten weitestgehend gegeben ist. Dies bedeutet ein Primat der stofflichen vor der energetischen Nutzung und eine Entwicklung der Kaskadennutzung von Produkten und Stoffen.

5.4 Handlungsoptionen im Bereich der Forstwirtschaft

5.4.1 Aufforstung und Wiederaufforstung

Beschreibung: Im Zuge von Aufforstung und Wiederaufforstung findet eine Landnutzungsänderung statt, bei welcher auf bisherigen Acker- und Grünlandflächen Waldfläche (durch Pflanzung und/oder natürliche Sukzession) etabliert wird. Hiermit ist eine Akkumulation von Kohlenstoff im Holzaufwuchs und im Boden verbunden. Die Akkumulation dauert über sehr lange Zeiträume an, ist aber aufgrund der Waldgesetzgebung (Rodungsverbot) nicht reversibel.

Maßnahmenszenario: Das Szenario unterstellt Aufforstung von landwirtschaftlichen Flächen mit gleichbleibender Größe pro Jahr, über 20 bzw. 40 Jahre[17]. Die Baumartenzusammensetzung der

[17] Zum gesamten Flächenpotenzial, das für Aufforstung zur Verfügung stehen kann, trägt die Aufforstung landwirtschaftlicher Flächen nur einen geringen Anteil bei. Die größeren Potenziale ergeben sich aus der Aufforstung ehemaliger Tage-

Pflanzung entspricht hierbei der der ersten Altersklasse nach Inventurstudie 2008. Die Wirkung ist in t $CO_{2äq}$/ha/a ausgewiesen. Das Szenario betrachtet eine Fläche von 3.124 ha, d. h. es wird eine Verdoppelung der durchschnittlichen jährlichen Aufforstungsfläche der letzten 5 Jahre unterstellt. Allerdings ergibt sich aufgrund geringer wirtschaftlicher Attraktivität und begrenzter Förderbudgets momentan nur ein sehr begrenztes reales Flächenpotenzial.

THG-Minderungspotenzial: Bei Aufforstung analog dem beschriebenen Szenario werden in den ersten 20 Jahren im Schnitt 5,4, in den zweiten 20 Jahren 16,8 t CO_2/ha/a in der oberirdischen Biomasse eingebunden (Dunger et al., 2009). Auf der im Szenario unterstellten Fläche beginnt das Minderungspotenzial im ersten Jahr bei 16.900 t CO_2/a und steigt dann über die Jahre auf ca. 52.000 t CO_2/a. Wird die Aufforstung über einen längeren Zeitraum unterstellt, wird das Potenzial weiter steigen.

Kostenwirksamkeit: Bei Aufforstung und Wiederbewaldung treten Investitionskosten der Kulturbegründung auf (Aufforstung mit Pflanzung: von 2.400 bis 13.300 €/ha; Naturverjüngung: von 1.100 bis 3.100 €/ha (Niedersächsische Landesforsten, 2008)). Auf ehemals landwirtschaftlichen Flächen können weiterhin hohe Opportunitätskosten durch entgangene Gewinne entstehen. Gegen die Kosten können die Einnahmen aus der Förderung gerechnet werden. Abhängig von Baumartenzusammensetzung und Bodenpunktzahl können Einkommensverlustprämien von max. 150 bis 700 €/ha in Anspruch genommen werden. Zusätzlich werden in den meisten Bundesländern die Anlage, Pflege und Nachbesserung der Erstaufforstung in unterschiedlichem Ausmaß gefördert (z. B. nach einem Pauschalsatz oder Erstattung eines Teiles der Kulturkosten; abhängig von der Baumartenzusammensetzung). In Niedersachsen betrug die Förderung der Anlage von Erstaufforstung in den Jahren 2007 bis 2009 bspw. im Schnitt ca. 6.500 €/ha (Bormann, 2010).

Potenzielle Verdrängungseffekte: Aufgrund der u. U. hohen Opportunitätskosten stehen nur schlechte Standorte für Aufforstungen bereit. Zusätzlich könnte die Flächenfestlegung durch den Rodungsvorbehalt die Maßnahme wenig attraktiv erscheinen lassen (Elsasser, 2008).

Andere Umweltwirkungen: Durch Aufforstung bisheriger Ackerflächen wird ein Austrag von ca. 50 kg N/ha/a in das Grundwasser verhindert (Osterburg et al., 2009). Zusätzlich wird auf forstlich genutzten Flächen auf Düngung und Pestizide verzichtet. Auch das Landschaftsbild kann positiv beeinflusst werden. Während der Etablierung kann es jedoch im Falle einer Bodenbearbeitung zu Stoffausträgen und Erosion kommen (erste ein bis ca. drei Jahre). Auch kann die Durchführung der Maßnahme auf Grenzstandorten oder ehemaligen militärischen Liegenschaften Naturschutzzielen entgegenstehen. Aufforstungen erhöhen langfristig gesehen das Rohholzaufkommen und haben somit Auswirkungen auch im Bereich der stofflichen und energetischen Holzverwendung (vgl. auch Maßnahme 5.5.1).

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Aufforstung und Wiederaufforstung werden in dem bestehenden System der nationalen Treibhausgasberichterstattung erfasst.

---

bau-Flächen (insgesamt ca. 60.000 ha) sowie städtischer Brachflächen und ehemaliger Militärgelände (insgesamt jeweils ca. 100.000 ha) (ELSASSER, 2008).

Mögliche Politikmaßnahmen: Die Maßnahme wird u. a. über den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) in der Mehrzahl der Länder gefördert, Aufforstungen sind auch als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme zur Kompensation der Umweltwirkungen anderer durchgeführter Maßnahmen etabliert. Mit dem konkreten Ziel einer optimierten CO_2-Bindung kann die Neuanlage von Mischwäldern zudem über den Waldklimafonds gefördert werden.

Bewertung: Es handelt sich um eine erst langfristig wirkende Maßnahme, die in Bezug auf die Speicher- bzw. Senkenleistung kurzfristig weniger wirksam ist. Auch bedingt die relativ hohe Investitionssumme anfänglich eine geringe Kosteneffizienz (ca. 70 €/t CO_2 über 20 Jahre). Eine Restriktion für die Attraktivität der Maßnahme beim Grundeigentümer stellt die Rodungsbeschränkung und damit Flächenfestlegung dar.

5.4.2 Beschleunigte Wiederbewaldung nach Kalamitäten

Beschreibung: Derzeit erfolgt eine Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen z. T. zeitverzögert und nicht primär mit den Zielen einer optimierten CO_2-Bindung, sondern mit dem Ziel einer möglichst kostengünstigen Etablierung einer neuen Waldgeneration (falls möglich unter Schirm). Durch eine umgehende Flächenräumung und schnelle Wiederbewaldung z. B. durch Pflanzung geeigneter Baumarten werden Bodenabtrag und Humusverlust vermieden und die Akkumulation von Kohlenstoff in lebender Biomasse beschleunigt.

Maßnahmenszenario: Es wird angenommen, dass derzeit 50 % der Kalamitätsflächen (ca. 15.000 – 20.000 ha/a, 1990-2007, nach FAO 2010 und Polley et al. 2009[18]) binnen eines Jahres, weitere 30 % innerhalb des 2. Jahres und die letzten 20 % innerhalb der folgenden 3 Jahre geräumt und verjüngt sind. Das hier beschriebene Szenario beschreibt eine beschleunigte Wiederbewaldung sowohl innerhalb eines Jahres auf allen Flächen und quantifiziert die THG-Wirkung im Schnitt der Jahre 1990-2007 auf den tatsächlich betroffenen Flächen.

THG-Minderungspotenzial: Die Maßnahme bedeutet ein Vorziehen der CO_2-Speicherung um bis zu vier Jahre (im Mittel: 0,9 Jahre). Die Wirksamkeit (in t $CO_{2äq}$/ha/a) hängt von Baumartenwahl und Bewirtschaftungsschema ab. Bei einer Pflanzung mit einem Baumartenmix der der Verjüngung im Wald entspricht, werden in den ersten 20 Jahren im Schnitt 5,4 t CO_2/ha/a in der oberirdischen Biomasse eingebunden. Im Durchschnitt der in den Jahren 1990 bis 2007 betroffenen Flächen ergibt sich eine THG-Wirkung durch die durchgeführte Maßnahme in einer Bandbreite von ca. 75.000 bis 93.000 t CO_2/ha/a.

Kostenwirksamkeit: Bei der beschleunigten Wiederbewaldung entstehen – abgesehen von den Räumungskosten – zunächst Kulturkosten durch Pflanzung in Höhe von ca. 2.400 bis 13.300 €/ha

[18] Die Herleitung der Fläche erfolgte über die Rückrechnung der gemeldeten geworfenen Holzvolumina lt. FAO (2010) und den mittleren Vorräten pro Hektar (nur höhere Altersklassen) der Bundeswaldinventur 2 und der Inventurstudie 2008. Die angegebene Bandbreite ergibt sich gutachterlich aus der Berücksichtigung der unterschiedlichen Vorräte pro Hektar in den alten und neuen BL zum Zeitpunkt der BWI I und dem Vorratstrend seit 1990.

(Niedersächsische Landesforsten 2008). Für Waldumbau können - bei Vorliegen der Voraussetzungen (z. B. geeigneter Baumarten) – Fördergelder beantragt werden. In Niedersachsen betrugen diese im Zeitraum 2007-2009 bspw. ca. 1.400 €/ha (Bormann, 2010). Bei der Wiederbewaldung entstehen Kulturkosten durch Pflanzung. Dagegen stehen Opportunitätskosten (i.e. Kosteneinsparungen) für alternative Flächennutzung (Naturverjüngung).

Potenzielle Verdrängungseffekte: Eine rasche Wiederbewaldung mit Zielbaumarten verringert die für Sukzessionen zur Verfügung stehende Fläche. Einflüsse auf Naturschutzbelange sind deshalb denkbar, aber nicht zu quantifizieren.

Andere Umweltwirkungen: Bei Flächenräumung können ungeeignete Arbeitsverfahren im Falle einer Bodenbearbeitung zu Stoffausträgen und Erosion führen.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die Maßnahme wird im bestehenden System erfasst. Derzeit wird die Umsetzung der beschlossenen Anrechnungsregeln bzgl. der Auswirkungen von natürlichen Störungen auf die Berichterstattung unter dem Kyoto-Protokoll neu geregelt (s. Kapitel 3.2.1)

Mögliche Politikmaßnahmen: Die Wiederbewaldung ist Fördertatbestand in der Mehrzahl der Bundesländer. Zusätzlich könnte die Förderung von Infrastrukturmaß-nahmen die Wiederbewaldung beschleunigen.

Bewertung: Die Wirkung der Maßnahme ist abhängig vom der Größe und dem Auftreten der Kalamität und mittel- bis langfristig wirksam.

5.4.3 Veränderung der Umtriebszeit

Beschreibung: Die Umtriebszeit beschreibt die geplante Dauer von der Bestandes-begründung bis zur Ernte. Die Maßnahme bedeutet entweder a) eine Verlängerung oder b) eine Verkürzung dieser Zeit. Damit verbunden ist eine Vergrößerung bzw. Verringerung des Waldspeichers und des Rohholzaufkommens (s. Maßnahme 5.5.1)

Maßnahmenszenario: Die Auswirkungen der vorgestellten Maßnahme wird für einen kurzfristigen (bis 2020) und einen mittelfristigen Zeitraum (bis 2048) abgebildet, wobei für die hier dargestellte Abschätzung des Effektes eine sofortige Veränderung der Umtriebszeit um ca. 20 Jahre[19] unterstellt wird.

THG-Minderungspotenzial: Eine erste Abschätzung der Auswirkung der Maßnahme auf die Emissionsentwicklung ergab für den kurzfristigen Zeitraum (2013) für den Fall einer verlängerten Umtriebszeit (a) eine Senkenwirkung von jährlich durchschnittlich -18,8 Mio. t CO_2, wohingegen bei einer Verkürzung (b) von einer rechnerischen jährlichen Emissionsquelle in Höhe von 22,7 Mio.t CO_2 ausgegangen werden kann. Um die Wirkung der Maßnahme auf die THG-Bilanz sinnvoll be-

[19] Basis: WEHAM – Szenarien D und F, entwickelt für BWI², mit Daten der Inventurstudie 2008 als Eingangsgrößen gerechnet.

urteilen zu können, **muss** die nachgelagerte Wirkung des erhöhten oder verminderten Rohholzaufkommens auf die Bilanzierung mit einbezogen werden (s. Maßnahme 5.5.1) (vgl. Rüter et al. 2011, Heuer 2011).

Tabelle 5.2: Auswirkungen[20] der Änderungen der Umtriebszeit auf Vorrat, Zuwachs und Rohholzpotenzial (Mittelwerte über die Szenarienzeiträume)

	Verlängerung (a)		Verkürzung (b)	
	[t CO_2 /ha]	national [Mio. t CO_2]	[t CO_2 /ha]	national [Mio. t CO_2]
Szenario bis 2020				
Vorrat	+ 8,9 (12 %)	+ 23,5 (2,6 %)	- 13,7 (-18,2 %)	- 48 (5,2%)
Jährl. Zuwachs	+ 0,1 (1,2 %)	+ 1,05 (1,2 %)	- 0,3 (-3,4 %)	- 3,15 (-3,4 %)
Rohholzpotenzial /a	- 0,9 (- 14 %)	- 10,2 (-14,8 %)	+ 1,35 (20 %)	+ 12,9 (18,8 %)
Szenario bis 2048				
Vorrat	+2,3 (2,6 %)	+56,3 (7,3 %)	-16,2 (13,7%)	- 93 (- 12 %)
Jährl. Zuwachs	---	---	- 0,18 (-2,1 %)	- 1,89 (-2,1 %)
Rohholzpotenzial /a	- 0,6 (- 10 %)	- 6,6 (- 9,7 %)	+ 0,8 (12 %)	+ 8,0 (11,8 %)

Quelle: Eigene Darstellung nach Rüter et al. (2011).

Kostenwirksamkeit: Als Groborientierung für die Kosten der Maßnahme für die Waldbesitzer könnten die Unterschiede der Bestandeswerte bei den relevanten Umtriebszeiten und Baumarten nach Waldbewertungsrichtlinien bemessen werden. Nach diesen Richtlinien werden primär Ausgleichszahlungen für Entschädigungen bemessen, daher besteht die Unsicherheit, dass mittels dieser Berechnung die Kosten dieser (freiwilligen) Maßnahme nicht genau erfasst werden. Zudem ändert sich bei einer Veränderung der Umtriebszeit auch das Risiko. Bei kurz- und mittelfristigen Veränderungen der Nachfrageseite des Holzmarktes können weiterhin volkswirtschaftliche Kosten entstehen.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Eine Veränderung der Umtriebszeit kann die Maßnahme 5.4.4 (Veränderung der Baumartenwahl) beschleunigen bzw. verzögern.

Andere Umweltwirkungen: Die Veränderung der Umtriebszeit hat eine Veränderung des Rohholzaufkommens (in Menge und Sortierung) zur Folge und wirkt sich direkt auf die Speicher und Substitutionswirkung im Holzproduktespeicher aus (s. Maßnahme 5.5.1). Aus einer Verkürzung der Umtriebszeit entstehen möglicherweise Konflikte mit Naturschutzzielen.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die Wirkung der Maßnahme wird in dem bestehenden System (Berichterstattung unter UNFCCC und KP) erfasst.

Mögliche Politikmaßnahmen: Zur Durchsetzung der Maßnahme wären einerseits legislative Maßnahmen (Mindestnutzungsalter) möglich, diese sind aber von Ländern veränderbar. Für eine

[20] Eine Abnahme wird mit negativem Vorzeichen (-), eine Zunahme mit positivem Vorzeichen (+) beschrieben

freiwillige Umsetzung wären finanzielle Anreize notwendig, z. B. über Förderprogramme. Falls negative Kosten (also Gewinne) für den Waldbesitzer entstehen, eignen sich auch informationelle Instrumente.

Bewertung: Da die Umtriebszeit vom Verhalten der Waldbesitzer abhängig ist, sind diese nur schwer (über den Marktpreis) zu beeinflussen.

5.4.4 Veränderung der Baumartenwahl

Beschreibung: Die Verjüngung der Waldbestände folgt diversen betrieblichen Zielsetzungen. Unter Berücksichtigung anpassungsfähiger standortgerechter, Baumarten und Herkünfte kann eine Konzentration auf Baumarten mit hoher Wuchsleistung und einem damit verbundenen hohen C-Sequestrierungspotenzial erfolgen. Als Beispiel kann hier ein verstärkter Anbau von Douglasie genannt werden. Es kommen auch andere Baumarten wie z. B. die Küstentanne in Frage.

Maßnahmenszenario: Hier wird angenommen, dass der Anteil der Baumart Douglasie bei der Waldverjüngung auf 50 % der Fläche gesteigert wird (derzeit ca. 2-5 %), ermittelt über die gegebene Baumartenverteilung über alle Standorte in Deutschland[21]. Bei der Bewirtschaftung der Douglasie wird eine Umtriebszeit von 80 Jahren unterstellt. Da keine gesicherten Informationen über zukünftige Verjüngungsflächen vorliegen, wird hier berechnet, welche Folgen ein entsprechendes Vorgehen in den letzten 20 bzw. 40 Jahren gehabt hätte.

THG-Minderungspotenzial: Bundesweit können in 20 Jahren zusätzliche 626.000 Efm nutzbares Derbholz jährlich verfügbar sein (530.000 t CO_2) und der Zuwachs steigt um 3,8 Mio. Vfm (3,2 Mio. t CO_2). Über einen Zeitraum von 40 Jahren würden 3,16 Mio. Efm (2,7 Mio. t CO_2) bereit stehen bzw. 9,8 Mio. Vfm mehr Zuwachs (8,3 Mio. t CO_2) geleistet.

Kostenwirksamkeit: Der verstärkte Anbau von Douglasie erfordert Pflanzung, bei der (standortsabhängig) Kosten von ca. 3.100-6.600€/ha entstehen können (Niedersächsische Landesforsten 2008). Die weiteren Kosten für den Waldbesitzer könnten nach dem Unterschied der Bestandeswerte nach Waldbewertungsrichtlinien bemessen werden (zu den Unsicherheiten dieses Vorgehens vgl. Maßnahme 5.4.3.). Dagegen stehen Opportunitätskosten durch eine alternative Nutzung mit bisherigen Baumarten, durch Naturverjüngung und gegenüber der Verjüngung mit anderen Baumarten. Bei längeren Betrachtungshorizonten sind auch positive Einkommenswirkungen möglich, d. h. die Maßnahme würde eine No-Regret-Option. Durch kurz- und mittelfristige Veränderung der Nachfrageseite des Holzmarktes können zudem volkswirtschaftliche Kosten entstehen.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Eine andere Baumartenwahl kann sich langfristig auf den Holzmarkt auswirken. Sollte die Nachfrage nach einigen Sortimenten nicht gedeckt werden kön-

[21] Für den Anbau von Douglasie ungeeignete Standorte (z. B. Waldmoore, Muschelkalkflächen, etc.) werden nicht berücksichtigt.

nen, wird der Bedarf der Holzindustrie nach Rohholz u. U. über Importe gedeckt (s. auch Maßnahme 5.5.1).

Andere Umweltwirkungen: Bei „Fremdländeranbau“ können Konflikte mit Naturschutzzielen und eine Begrenzung des Anpassungspotenzials der Wälder an den Klimawandel auftreten. Auch kann die Konzentration auf vornehmlich eine Baumart das Risiko biotischer Schäden erhöhen.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: wird im bestehenden System abgebildet.

Mögliche Politikmaßnahmen: Eine breite Anwendung der beschriebenen Maßnahme würde eine Umgestaltung der derzeitigen Förderleitlinien erfordern, da der Anbau von fremdländischen Baumarten in vielen Bundesländern z. Zt. nur begrenzt förderwürdig ist.

Bewertung: Die Maßnahme wird als effizient, aber auch als konfliktträchtig bewertet.

5.4.5 Wiedervernässung von Moorwäldern

Beschreibung: Etwa 244.000 Hektar Wald (2,3 % des Walds in Deutschland) befinden sich auf Moorböden. Viele Wälder wurden entwässert, um die Produktivität oder Holzqualität zu erhöhen oder Moorböden für standortfremde Baumarten zu erschließen. Im Staatswald gibt es aber Bestrebungen und eine Vielzahl laufender Aktivitäten, Waldmoore wiederzuvernässen.

Maßnahmenszenario: Alle entwässerten Wälder auf organischen Böden: Verpflichtende Wiederherstellung eines naturnahen Wasserstands im Staatsforst und Förderung der Wiedervernässung im Privatwald.

THG-Minderungspotenzial:. Nach IPCC Default werden Emissionen von 2,2 t $CO_{2\text{-äq.}}$ pro Hektar und Jahr bei Wiedervernässung gemindert. Insgesamt könnten Emission in einer Größenordnung von bis zu 0,7 Mio. t CO_2 vermieden werden. Erste Zwischenergebnisse des Thünen-Verbundprojekts „Organische Böden“ lassen erwarten, dass die tatsächlichen Emissionen aus Moorwäldern in Deutschland höher als der IPCC Default liegen, da die Entwässerung intensiver ist. Damit sind die Emissionen und das THG-Minderungspotenzial derzeit vermutlich unterschätzt.

Kostenwirksamkeit: Geringe oder gar negative CO_2-Vermeidungskosten, wenn die Holzqualität gering ist oder die Gestehungskosten hoch sind und keine unerwünschten Auswirkungen auf benachbarten Flächen auftreten. Die aktuellen Wiedervernässungen waren teilweise durch die Unwirtschaftlichkeit der Nutzung motiviert.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Da die Moorwaldflächen nur klein sind und oft schlechte Bonitäten und Qualitäten haben, sind keine signifikanten Verdrängungseffekte zu erwarten. Bei der Vernässung kann es zu unerwünschten Auswirkungen auf benachbarten Flächen kommen, etwa das Absterben von Waldbeständen, wodurch die Netto-THG-Minderung geschmälert wird.

Andere Umweltwirkungen: Es bestehen Synergien mit Biodiversitätszielen.

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Moorwälder werden als organische Böden unter Wald sind in der Emissionsberichterstattung bereits berücksichtigt. Mithilfe der IPCC Default

Werte werden die jährlichen Emissionen aus der Drainage organischer Böden unter Wald auf ca. 0,63 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq}$ geschätzt. Die Wiedervernässung von Waldmooren ist als Teil der Aktivität „Waldbewirtschaftung“ unter Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls anrechenbar. Mangels Daten zu betroffenen Waldmoorflächen und deren Wasserständen können die zahlreichen seit 1990 bereits von den Staatsforsten durchgeführten Maßnahmen derzeit aber nicht im Treibhausgasinventar abgebildet werden.

Mögliche Politikmaßnahmen: Maßnahmen im Rahmen des Waldklimafonds ab 2013 einschließlich Dokumentation für die Emissionsberichterstattung: beschleunigte Renaturierung im Staatsforst; Förderung im Privatwald; in einigen Bundesländern bestehen Moorschutzprogramme zur Renaturierung, die i. d. R. im Rahmen von Projekten oder Flurneuordnungen erfolgt; Unterstützung der Vermarktung von Erlenholz.

5.5 Handlungsoptionen im Bereich der Holzwirtschaft

5.5.1 Erhöhung der stofflichen Nutzung

Beschreibung: Durch eine Ausweitung der stofflichen Nutzung, insbesondere von langlebigen Holzprodukten, erhöhen sich die positive Speicherwirkung und die damit oftmals einhergehende positive Substitutionswirkung (s. Kapitel 2.3.3). Insbesondere die Ausweitung des Holzeinsatzes im Bausektor stellt ein großes Potenzial dar (die Holzbauquote in Deutschland liegt derzeit bei 14 %). Die hierfür benötigten Holzmengen können vornehmlich über eine Ausweitung des Holzeinschlags bzw. Rohholzaufkommens (vgl. Maßnahmen im Bereich Wald) oder eine Reduzierung des Rohholzeinsatzes für energetische Zwecke zur Verfügung gestellt werden, wobei aber nicht alle Sortimente und Qualitäten an Rohholz für die Herstellung von Schnittholz und Holzwerkstoffen geeignet sind.

Maßnahmenszenario: Analog zu der in Kapitel 5.4.3 beschriebenen Maßnahme einer Veränderung der Umtriebszeit wird ein erhöhtes Aufkommen an heimischem Rohholz bis zum Jahr 2020 unterstellt, welches zu gleichen Anteilen wie im Schnitt der Jahre 2005 bis 2009 für die Herstellung von Holzprodukten (Vollholzprodukte, Holzwerkstoffe und Papier) verwendet wird (Rüter et al., 2011).

THG-Minderungspotenzial: Durch die unterstellte Ausweitung der Herstellung bzw. Nutzung von Holzprodukten aus heimischem Einschlag erhöht sich die Senkenwirkung des Produktspeichers im Betrachtungszeitraum um jährlich durchschnittlich 4,7 Mio. t CO_2/a. Rechnet man den überschlägig ermittelten stofflichen Substitutionseffekt hinzu, können weitere 8,4 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq.}$/a vermieden werden, sodass sich das jährliche Minderungspotenzial auf insgesamt 13,1 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq}$/a aufsummiert. Zugleich fallen entlang der Verarbeitungskette bei der Herstellung von Holzprodukten verstärkt Industrieresthölzer an, die teilweise einer energetischen Verwertung zugeführt werden, ebenso wie ein erhöhtes Aufkommen an Altholz am Ende des Lebenszyklus der Produkte. Somit können andere Holzrohstoffe eingespart werden (vgl. Maßnahme 5.5.3) oder fossile Brennstoffe ersetzt werden, wodurch sich auch ein energetischer Substitutionseffekt

in Höhe von 3,9 Mio. t $CO_{2\text{-}Äq}$/a ergibt. Die dieser Abschätzung zugrunde liegenden Annahmen sind in Rüter (2011b) detailliert erläutert.

Kostenwirksamkeit: Die Kosten der Maßnahme hängen von der Art der Umsetzung ab, welche wiederum von den Verbrauchern, deren Präferenz und Alternativen beeinflusst wird. Der Maßnahme könnten bspw. Kosten zugerechnet werden, die die Nachfrage nach Holzprodukten steigern (z. B. Kosten für Werbung für die Verwendung von Holz). Eine genaue Quantifizierung ist jedoch erst bei Kenntnis der jeweiligen Umsetzung möglich. Eine Veränderung auf der Nachfrageseite des Holzmarktes hat zudem Auswirkung auf andere Wirtschaftsbereiche (z. B. den Bausektor). Somit können auch volkswirtschaftliche Kosten entstehen.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Bei einem gleichbleibendem Holzaufkommen bedeutet eine verstärkte stoffliche Nutzung von Rohholz ein geringeres Potenzial für die energetische Nutzung. Ein Ausgleich in Form einer Erhöhung des Holzaufkommens könnte u. a. durch die Maßnahmen 5.4.3 und 5.4.4 erreicht werden.

Andere Umweltwirkungen: Neben der Substitutionswirkung im Bereich der THG-Emissionen, die vornehmlich durch den geringeren Einsatz von Energie (Strom und Wärme) bei der Herstellung der Produkte im Vergleich zu funktional gleichwertigen Produkten aus anderen Rohstoffen zustande kommt (s. Kap. 2.3.3), hat die Herstellung von Holzprodukten auch andere Auswirkungen auf die Umwelt, welche bspw. mit weiteren Wirkungsindikatoren der Ökobilanz (z. B. Versauerungs-, Ozonbildungs- oder Toxizitätspotenzial) abgebildet werden können (vgl. Rüter und Diederichs 2012).

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die indirekten Effekte der stofflichen Holznutzung (i.e. Substitution) werden bereits in dem bestehenden System der Treibhausgasberichterstattung (UNFCCC) in den Sektoren Energie und Industrie erfasst. Die Aufnahme des Produktspeichers in die THG-Berichterstattung unter der Konvention ist ab dem Jahr 2015 beschlossen, ebenso wie sich die Staatengemeinschaft auf eine Anrechnung von Holz für die 2. KP Verpflichtungsperiode ab dem Jahr 2013 einigen konnte (s. Kapitel 3.2.1)

Mögliche Politikmaßnahmen: Falls einseitige Eingriffe in den Holzmarkt vermieden werden sollen, wäre zunächst eine Förderung von Modell- und Demonstrationsvorhaben, Pilotprojekten, Gutachten und Studien möglich. Da die energetische Nutzung stofflich nutzbaren Holzes unter Klimaschutzgesichtspunkten negativ ist (Rock und Bolte 2011), sollte die Förderung der Energiegewinnung aus frischem Waldholz (z. B. durch das EEG) und importiertem Holz aus u. U. nicht nachhaltiger Bewirtschaftung (Importe aus Ländern mit Netto-Entwaldung) überprüft und ggf. eingeschränkt oder gestrichen werden. Weitere Möglichkeiten einer kostengünstigen Förderung der stofflichen Nutzung von Holz bestehen bspw. in der Anwendung bereits bestehender Instrumente; so wurden in den letzten Jahren Systeme für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden etabliert (z. B. Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude, BMVBS 2011), welche u. a. auch die bei der Herstellung der verwendeten Bauprodukte anfallenden THG-Emissionen in die Bewertung einfließen lassen. Durch eine deutliche Erhöhung der bislang nur mit ca. 3,5 % in die Gesamtbewertung eingehenden Indikatoren (i. e. Treibhauspotenzial und Energieverbrauch) könnte eine für die Akteure des Sektors (Architekten, Bauherren, etc.) und die Öffentlichkeit sichtlich verbesserte Bewertung von energie- und emissionsarm hergestellten

Bauprodukten erzielt werden – dies betrifft nicht nur Holzprodukte. Mit dem Ziel der Erhöhung des Holzproduktspeichers sowie der Verbesserung der Substitutionsleistung durch die Verwendung von Holzprodukten können Maßnahmen zur Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz über den Waldklimafonds gefördert werden.

Bewertung: Die Ausweitung der stofflichen Nutzung nachhaltig erzeugten Holzes aus heimischer Forstwirtschaft in möglichst langlebigen Produkten (z. B. im Bausektor) und eine damit verbundene Stärkung der Kaskadennutzung von Holz stellt eine effektive Handlungsoption dar die CO_2-Bilanz des Sektors zu verbessern.

5.5.2 Steigerung der Effizienz beim Holzrohstoff- und Energieeinsatz in der Holzindustrie

Beschreibung: Der rationellere Einsatz von Holz als Rohstoff und Energieträger, sowie ein effizienterer Einsatz von Energie bei der Herstellung der Holzprodukte führt zu einer Erhöhung des Substitutionspotenzials von Holzprodukten (s. Kap. 2.3.3), da mit weniger Holz- und Energieeinsatz mehr Produkte hergestellt werden können bzw. weniger THG-Emissionen verursacht werden als bei der Herstellung von Alternativprodukten. Ziel der Maßnahme ist der effiziente Einsatz von Ressourcen bei möglichst hoher Wertschöpfung. Durch gezielte Instrumente, wie z. B. die Einführung von Energiemanagementsystemen, kann kurz und mittelfristig in Betrieben der Holzwirtschaft ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess initiiert werden, der lang anhaltende positive Effekte bewirken wird.

Maßnahmenszenario: Um eine Einordnung der Größenordnung eines möglichen Effektes der Maßnahme zu erhalten, wird im Folgenden eine Reduzierung des Verbrauchs des bei der Herstellung von Holzprodukten benötigten Stroms um jährlich 1 % bei einer gleichbleibenden Produktionsmenge beispielhaft als Szenario unterstellt. Die Einschätzung basiert auf dem in Rüter und Diederichs (2012) ermittelten Stromverbrauch für die Produktion von Vollholzprodukten und Holzwerkstoffen, den vom Statistischen Bundesamt für diese Produkte[22] gemeldeten Produktionsmengen für das Jahr 2009 (Statistisches Bundesamt, 2010) und der für die Bereitstellung einer kWh nach dem dt. Strommix verursachten THG-Emission in Höhe von 561g $CO_{2\text{-}Äq}$/kWh im Jahr 2009 (UBA, 2012a).

THG-Minderungspotenzial: Insgesamt beläuft sich der Anteil des auflaufenden Stromverbrauchs der betroffenen Industrieunternehmen an den durch die Erzeugung von Strom verursachten THG-Emissionen in Deutschland auf 0,52 %. Bei einer angenommenen jährlichen Reduzierung des Stromverbrauchs in den Werken der Vollholz- und Holzwerkstoffindustrie[14] in Deutschland lassen sich danach etwas über 15.000 t $CO_{2\text{-}Äq}$/a einsparen, die ansonsten durch die Erzeugung dieser Strommenge entstanden wären. Es ist davon auszugehen, dass durch einen effizienteren Einsatz von Holz zur Erzeugung von thermischer Energie das Minderungspotenzial deutlich er-

[22] Aufgrund fehlender Informationen hier ohne Holzdämmstoff- und Röhrenspanplatten.

höht werden kann. Auch ein effizienterer materieller Rohstoffeinsatz wirkt sich positiv auf die THG-Bilanz des Sektors aus, wenn weniger Rohholz für die Erzeugung der Produkte eingesetzt werden muss (vgl. Maßnahme 5.4.3). Für eine genauere Quantifizierung des THG-Potenzials und eine bessere Abschätzung der Wirkzusammenhänge müssen die erforderlichen Methoden jedoch noch entwickelt werden.

Kostenwirksamkeit: Die Kosten einer Effizienzsteigerung lassen sich schwer beziffern, da sehr individuelle Umsetzungsmöglichkeiten bestehen. Je nach Entwicklungsstand der Unternehmen können bereits mit kleinen Veränderungen große Wirkungen erzielt werden. Hier liegen die Amortisationszeiten im Bereich von Monaten. Eingriffe in Produktionsverfahren und Veränderungen der Verfahrenstechnik können ebenfalls starke Effizienzsteigerungen bewirken, allerdings dürften hier die Amortisationszeiten mehrere Jahre betragen. Auf volkswirtschaftlicher Ebene entsteht eine Hebelwirkung, da die durch einen effizienteren Material- und Energieeinsatz eingesparten Rohstoffe und Energieträger zu einer Ausweitung der Produktion in der eigenen oder in anderen Branchen führen kann.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Eine Steigerung der Materialeffizienz kann zu einem Rückgang des stofflichen Holzeinsatzes führen, was der Ausweitung der Holzverwendung (siehe Kap. 5.4.6) entgegensteht. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist jedoch ein sparsamer Ressourceneinsatz grundsätzlich positiv zu bewerten.

Andere Umweltwirkungen: -/-

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Die Maßnahmen zur Verbesserung der Material- und Rohstoffeffizienz verringern den Materialeinsatz und machen sich somit durch verringerte Emissionen im LULUCF Sektor in den Kategorien „verbleibende Waldfläche (Konventionsberichterstattung)“ und „Waldbewirtschaftung (KP)“ bemerkbar. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz hingegen schlagen sich in der Berichterstattung in den Sektoren Energie bzw. Industrieprozesse nieder.

Mögliche Politikmaßnahmen: Bereitstellung von Mitteln zur Aufklärung der Branche über die möglichen Effekte; Förderung von Modell- und Demonstrationsvorhaben und Unterstützung von Pilotprojekten (z. B. Einführung von Energiemanagementsystemen), Beauftragung von Gutachten und Studien. Mit dem Ziel der Steigerung der Effizienz und klimafreundlichen Optimierung der Prozesse in der Wertschöpfungskette können entsprechende Maßnahmen über den Waldklimafonds gefördert werden.

Bewertung: Maßnahmen und Vorschläge gelten nicht nur für die Holzwirtschaft, sondern für alle Bereiche der Wirtschaft. Die Maßnahmen führen zu einer Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit und sichern damit direkt die Stellung einzelner Betreibe und indirekt die Stellung der Holzbranche im internationalen Kontext. Konflikte mit anderen Klimaschutzmaßnahmen sind theoretischer Natur, da bei Beachtung der gesetzlichen Vorschriften auch bei einer Umgestaltung von Herstellungsverfahren keine negativen Folgen für die Umwelt resultieren sollten.

5.5.3 Erhöhung der stofflichen Verwendung von Altholz

Beschreibung: Derzeit werden 78 % des aus der stofflichen Nutzung kommenden Altholzes energetisch verwertet. Eine Ausweitung der stofflichen Nutzung von Altholz der Sorten AI und AII, die für eine stoffliche Verwendung in Frage kommen, kann eine Optimierung des Recyclings von Holzprodukten, z. B. durch eine Verbesserung der sortenreinen Erfassung (AI-AIV) von Altholz, oder durch recyclinggerechtes Produktdesign erreicht werden.

Maßnahmenszenario: Durch eine effizientere Erfassung und den verstärkten stofflichen Einsatz von Altholz wird bis zu einem gewissen Grad frisches Rohholz eingespart und für die stoffliche Nutzung als Rohstoff, vor allem bei der Herstellung von Spanplatten verwendet. Der gegenwärtig verwendete Altholzanteil am Rohstoffeinsatz für die Herstellung von Spanplatten beläuft sich auf ca. 18 % (Rüter und Diederichs, 2012) und soll im Zuge der vorliegenden Potenzialabschätzung auf 100 % erhöht werden, sodass verwendetes Industrierestholz (58 %) und frisches Rohholz (14 %) eingespart werden können. Eine Zunahme an Fremd- und Schleppstoffen, sowie die Erhöhung an Feinstaub nicht zuletzt aufgrund der geringeren Holzfeuchte von Altholz bedingen allerdings eine um 5 % erhöhte Rohstoffeinsatzmenge (Frühwald et al., 2000). Auf Basis der vom Statistischen Bundesamt für das Jahr 2009 gemeldeten Produktionsmengen für Spanplatten (6,5 Mio. m³) werden Auswirkungen eines zukünftig veränderten Rohstoffeinsatzes und die damit verbundenen THG-Emissionen abgeschätzt.

THG-Minderungspotenzial: Da das THG-Potenzial bei aus Altholz hergestellten Spanplatten im Vergleich zu aus dem herkömmlichen Holzrohstoff-Mix hergestellten Platten um 15 % geringer ist (u. a. aufgrund eines geringeren Stromverbrauch; Frühwald et al., 2000), ergibt sich zunächst ein jährliches Minderungspotenzial in Höhe von ca. 0,21 Mio. t $CO_{2\text{-Äq}}$. Zugleich verringert sich die Menge an Altholz, die für die energetische Verwertung zur Verfügung steht. Allerdings muss die fehlende Energieträgermenge entweder durch das nicht mehr benötigte Wald-und Industrierestholz ersetzt werden, sodass sich die Wirkung aufhebt, durch günstige Biomasseimporte ausgeglichen oder durch fossile Energieträger ersetzt werden. Die beiden letzteren Optionen verschlechtern u.U. sogar die THG-Bilanz des Systems.

Kostenwirksamkeit: Die Kosten, die der Maßnahme zuzurechnen sind, könnten auf den Abbau logistischer Restriktionen ihrer Umsetzung zielen, bspw. einer Optimierung der Erfassung von Altholz. Eine genaue Quantifizierung der Kosten ist jedoch derzeit aufgrund der unklaren Umsetzung schwierig.

Potenzielle Verdrängungseffekte: Die Maßnahme steht eventuell in Konkurrenz zu den Maßnahmen 5.4.3 und 5.4.4, da diese mittel- und langfristig eine Erhöhung des Holzaufkommens bewirken.

Andere Umweltwirkungen: Mögliche Probleme bei der Umsetzung der Maßnahme bestehen bei einer mangelhaften Sortierung der Altholzsortimente in die für eine stoffliche Wiederverwendung vorgesehenen Gruppen A I und A II, sowie die Gruppen A III und A IV, welche nur eine energetische Verwertung des Altholzes vorsehen. Mögliche Verunreinigungen mit Schwermetallen (Arsen, Kupfer, Quecksilber und Blei, d. h. CCBs), Polychlorierten Biphenylen (PCB) und Kreo-

sot gelangen durch die Behandlung mit Holzschutzmitteln in das Altholz und bei dessen stofflicher Verwertung in die hergestellten Produkte. Aufgrund des mit der Maßnahme verbundenen reduzierten Altholzangebotes für die Energieerzeugung (gegenwärtig 78 %) muss einer gleichbleibenden Nachfrage aber entweder andere Biomasse als Brennmaterial in Biomasseheizkraftwerken eingesetzt werden (möglicherweise auch durch Importe aus nicht-nachhaltiger Erzeugung), oder die entsprechende Energiemenge stattdessen „wieder“ durch fossile Energieträger erzeugt werden (energetische Substitution von Holz).

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Eine verstärkte stoffliche Nutzung des Altholzes und die damit verbundene Änderung der THG-Potenziale zeigt sich im Falle einer gleichbleibenden stofflichen Nutzung in der Berichterstattung im Sektor LULUCF anhand der verringerten Nachfrage bzw. Verwendung des Rohstoffes Holz (Rohholzaufkommen, vgl. u. a. Maßnahme 5.4.3). Zugleich bedeutet ein geringerer Energieverbrauch verringerte Emissionen im Sektor Industrieprozesse, der aber evtl. durch einen erhöhten Einsatz fossiler Energieträger konterkariert wird.

Mögliche Politikmaßnahmen: Falls einseitige Eingriffe in den Holzmarkt vermieden werden sollen, wäre zunächst eine Förderung von Modell- und Demonstrationsvorhaben, Pilotprojekten, Gutachten und Studien möglich. Mit dem Ziel der Erhöhung des Holzproduktspeichers sowie der CO_2-Minderung und Substitution durch Holzprodukte können Maßnahmen zur Effizienzsteigerung der Holzverwertung einschließlich des Altholzes über den Waldklimafonds gefördert werden.

Bewertung: Die mit dieser Maßnahme verbundenen Anreize und möglichen negativen Umweltauswirkungen können das Ziel der Maßnahme, einen positiven Beitrag zur Reduzierung von THG-Emissionen im Sektor zu leisten, konterkarieren und sogar ad absurdum führen (z. B. durch Importe von Biomasse aus nicht-nachhaltiger Erzeugung anstelle des bislang energetisch verwerteten Altholzes). Auch lässt sich eine Rückschleusung von evtl. kontaminiertem Holz in den Stoffkreislauf durch Schwierigkeiten bei der Trennung der Altholzsortimente nicht immer sicher vermeiden. Die bestehende Förderstruktur (EEG) bewirkt die vornehmlich energetische Verwertung von Altholz, unabhängig von dessen Herkunft.

6 Schlussbetrachtung

In der politischen Diskussion zur Weiterentwicklung der Klimaschutzpolitik auf der EU- und der internationalen Ebene besteht Konsens darüber, dass alle Sektoren hinsichtlich ihrer THG-Minderungspotenziale überprüft werden sollen. Eine alleinige Betrachtung der unmittelbaren Effekte von THG-Minderungsmaßnahmen innerhalb der einzelnen Sektoren ist hierbei jedoch nicht zielführend. Vielmehr sollte die Netto-THG-Minderung unter Berücksichtigung indirekter Auswirkungen, auch in anderen Sektoren und außerhalb von Deutschland, bewertet werden. Klimaschutzmaßnahmen im Agrar-, Forst- und Holzbereich und durch den Einsatz von Bioenergie erfordern eine besonders sorgfältige Prüfung der Nettowirkungen und der indirekten Effekte. Aufgrund ihrer potenziellen Auswirkungen auf die internationalen Märkte für Agrar- und Holzprodukte, auf die Flächennutzung und die Kohlenstoffvorräte im Boden und in der Biomasse können diese Maßnahmen nur auf Grundlage einer umfassenden Betrachtung bewertet werden.

6.1 Bestehende Klimaschutzstrategien für den Agrar- und Forstsektor

Für den Energie-, den Verkehrs- und den Gebäudesektor liegen ausgearbeitete Strategien für die EU und für Deutschland für die Zeit bis zum Jahr 2020 vor. Zu nennen sind das Klima- und Energiepaket der EU vom Dezember 2008 und die Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung vom August 2007. Während der Ausbau erneuerbarer Energien, nicht zuletzt durch die verstärkte Nutzung von Bioenergien, zentraler Teil dieser Strategien ist, werden der Agrar- und Forstsektor und die Landnutzung in diesen Strategien nicht direkt angesprochen. Eine Verbindung zur Agrarproduktion besteht über die Forderung nach einer nachhaltigen Bereitstellung von Biokraftstoffen, die über den Aufbau eines Zertifizierungssystems erfüllt werden soll. Dieses erfasst aber nur einen kleinen Ausschnitt der Agrarproduktion und dürfte daher kaum Wirkung entfalten. Für feste und gasförmige Bioenergieträger wurden auf EU-Ebene bisher noch keine verbindlichen Nachhaltigkeitskriterien festgelegt.

In Bezug auf die Umsetzung von Klimaschutzstrategien stellt sich die jeweilige Ausgangslage im Agrar- und im Forstsektor vollkommen unterschiedlich dar. Im Forst- und Holzsektor geht es darum, die Kohlenstoffspeicherkapazität von Wäldern zu erhalten und weiter auszubauen. Zugleich soll die stoffliche Nutzung von Holz, d. h. die Bindung von Kohlenstoff in Holzprodukten und die mit ihrer Nutzung verbundenen Substitutionseffekte sichergestellt und erweitert werden. Maßnahmen im Forst- und im Holzsektor sind hierbei oft eng verknüpft und können in negativer Wechselwirkung miteinander stehen. Mit der Waldstrategie 2020 wurden für die deutsche Forstwirtschaft klimaschutzpolitische Ziele festgelegt, deren Umsetzung durch den Waldklimafonds unterstützt werden sollen. Die Waldstrategie nennt u. a. die Ziele, die Kohlenstoffvorräte der Wälder zu erhalten und nachhaltig zu nutzen und die stoffliche Holznutzung auszubauen. Aufgrund der Notwendigkeit, die Produktivität der Wälder zu erhalten und nach Möglichkeit weiter zu erhöhen, und aufgrund der nur langfristig möglichen, waldbaulichen Anpassung der Wälder an den Klimawandel sind Klimaschutz und Anpassung im Forstbereich eng miteinander verknüpft.

Für den Agrarsektor liegt dagegen bislang keine explizite Klimaschutzstrategie vor, weder auf bundesdeutscher noch auf EU-Ebene. Auch für die Acker- und Grünlandbewirtschaftung und Landnutzungsänderungen im Agrarsektor gibt es noch keine Klimaschutzstrategie. Von der Möglichkeit zur freiwilligen Anrechnung der Acker- und Grünlandbewirtschaftung auf klimaschutzpolitische Ziele im Rahmen des Kyoto-Protokolls wird in Deutschland – im Unterschied zum Forstsektor – kein Gebrauch gemacht. Damit bleiben auch die hohen THG-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung von Moorböden außerhalb der klimaschutzpolitischen Anrechnung, während N_2O- und CH_4-Emissionen aus der Landwirtschaft berücksichtigt werden. Die Charta für Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV, 2012) benennt keine expliziten Ziele zum Klimaschutz, obwohl dem Klimaschutz im vorbereitenden Diskussionsprozess ein eigenes Kapitel gewidmet war. Die Charta enthält aber für den Klimaschutz relevante Maßnahmen wie den Grünlandschutz als Element der GAP-Reform, die Fortschreibung der NEC-Richtlinie zur Reduktion der Ammoniakemissionen, die Evaluierung und Anpassung der Düngeverordnung sowie die stärkere Begünstigung der Biogasproduktion aus Gülle und Reststoffen im EEG. Weiterhin sollen die für flüssige Bioenergieträger geltenden EU-Nachhaltigkeitskriterien auf Futter- und Lebensmittel sowie feste und gasförmige Bioenergieträger ausgeweitet werden. Nachhaltigkeitskriterien sollen auch für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe definiert und eingehalten werden. Derzeit gibt es dazu die vom BMELV initiierte Initiative Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung (INRO)[23]. In der Politikstrategie Bioökonomie des BMELV vom Juli 2013 wird gefordert, dass auch der Agrarsektor angemessen in die nationalen Klimaschutzziele einbezogen werden soll.

In einigen Bundesländern gibt es bereits deutlich konkretere Aussagen zur Rolle der Landwirtschaft in der Klimaschutzpolitik, etwa in Mecklenburg-Vorpommern. In Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg wurden im Januar bzw. Juli 2013 Klimaschutzgesetze verabschiedet, die auch für den Agrarsektor Ziele festlegen. Auch in den aktuellen Koalitionsverträgen der Länder Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein wurde die Verabschiedung von Landes-Klimaschutzgesetzen festgelegt.

Auf der EU-Ebene hat sich die Notwendigkeit erhöht, den Beitrag der Landwirtschaft und der landwirtschaftlichen Landnutzung zu Klimaschutzzielen zu definieren. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang die Lastenteilungsentscheidung, der Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO_2-armen Wirtschaft bis 2050, der Vorschlag der Kommission zur Verwendung von mindestens 20 % des EU-Budgets für “Klima-Maßnahmen”, die Legislativvorschläge zur Weiterentwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik nach 2013 mit der Benennung des Klimaschutzes als eines der zentralen Ziele, und der Beschluss 529/2013/EU über Anrechnungsvorschriften und Aktionspläne im Sektor LULUCF, der zu einer stärkeren Einbeziehung des LULUCF-Sektors in die EU-Klimaschutzpolitik beitragen soll. Die starke Betonung des Klimaschutzes als eines der zentralen Ziele der Förderung im Rahmen der GAP erzeugt einen Rechtfertigungsdruck, die Rolle der Landwirtschaft in der Klimaschutzpolitik genauer zu klären und künftig messbare Erfolge bei der Minderung der THG-Emissionen vorzuweisen.

[23] siehe www.inro-biomasse.de

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen spricht vieles dafür, auch auf Bundesebene einen konkreten klimaschutzpolitischen Fahrplan für den Agrarsektor aufzustellen. Dieser sollte konkrete Maßnahmen, den Zeithorizont für die Umsetzung und die jeweils erwarteten THG-Minderungen z. B. bis zum Jahr 2020 enthalten. Die Maßnahmenauswahl sollte sich an den Potenzialen zur THG-Minderung, Minderungskosten, der Umsetzbarkeit und dem Beitrag zu anderen Zielen orientieren. Die Umsetzung des Fahrplans und die Wirkungen sollten in regelmäßigen Zeitabständen überprüft werden. In Hinblick auf die EU-Ziele für das Jahr 2050 ist schließlich zu überprüfen, welche THG-Emissionsminderungen langfristig, z. B. bis 2030 und 2050, erreichbar sind.

6.2 Klimaschutzmaßnahmen im Agrarsektor

Viele Klimaschutzmaßnahmen im Agrarsektor tragen nicht nur zum Klimaschutz, sondern auch zu anderen umweltpolitischen Zielen bei. Dadurch wird die Kostenwirksamkeit dieser Maßnahmen verbessert. Prioritär sollten Klimaschutzmaßnahmen verfolgt werden, die besonders effizient sind, also geringe Vermeidungskosten pro t $CO_{2\text{-Äq.}}$ aufweisen, positive Beiträge zu anderen agrarumweltpolitischen Zielen leisten und für die bereits politische Ziele festgelegt wurden. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang die folgenden Maßnahmen:

- Reduktion der Stickstoffüberschüsse und Verbesserung der N-Produktivität (mit Bezug u. a. zur Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, Nitratrichtlinie / Düngeverordnung, Wasserrahmenrichtlinie),
- Minderung der Ammoniakemissionen (u. a. NEC-Richtlinie, Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung),
- Schutz des Dauergrünlands vor Umbruch und Umwandlung in Ackerland (u. a. Biodiversitätsstrategie der Bundesregierung, Bundesnaturschutzgesetz – Grünlanderhaltung gemäß § 5 zur guten landwirtschaftlichen Praxis, FFH-Richtlinie),
- Grünlanderhaltung auf Moorflächen sowie Anhebung des Grundwasserspiegels, Wiedervernässung und Moorrestaurierung (u. a. Biodiversitätsstrategie der Bundesregierung, Bundesnaturschutzgesetz – Grünlanderhaltung gemäß § 5 zur guten landwirtschaftlichen Praxis, Wasserrahmenrichtlinie bzgl. Stoffeinträgen).

Bezüglich der Grünland- und der Moorflächen ist die Erstellung einer langfristig angelegten Flächennutzungsstrategie notwendig. Die Veränderung der Nutzung und Entwässerung von Moorböden lässt sich nur innerhalb langer Zeiträume umsteuern. Umso wichtiger ist eine entsprechend langfristig ausgerichtete Flächennutzungspolitik.

Des Weiteren sollten die folgenden Klimaschutzmaßnahmen im Agrarsektor umgesetzt werden:

- Optimierung der Klimaschutzwirkung der Stromerzeugung aus Biogas (Maximierung der Nutzung von Wirtschaftsdüngern und optimierte Wärmenutzung durch Änderung des EEG; gas-

dichte Lagerung der Gärreste in allen Anlagen, z. B. durch Änderung des Immissionsschutzrechts),

- Verstärkter Anbau von Kurzumtriebsplantagen zur energetischen Nutzung, auch in Streifenform z. B. zum Windschutz,
- Effizienter Energieeinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben (z. B. durch Förderung von Klimaschutzberatung / "Klimacheck"),
- Entwicklung von Torfersatzsubstraten für den Erwerbsgartenbau, Sicherstellung der benötigten Substratmengen gegenüber thermischer Verwertung und Einschränkung des Torfeinsatzes im Gartenlandschaftsbau, Hobbygartenbau und in privaten Haushalten.

Zu berücksichtigen ist, dass ein Teil der Wirkungen dieser Maßnahmen außerhalb der Quellgruppe 4 "Landwirtschaft" und 5 "LULUCF" angerechnet wird, z. B. bei Energieeinsparung und Einsatz von Bioenergie. Die Einsparung von Torf wird in der Quellgruppe 5D „Feuchtgebiete" wirksam.

Durch eine spezielle Beratung der landwirtschaftlichen Betriebe im Rahmen eines "Klimachecks" kann eine Verbesserung der N-Produktivität und des Energieeinsatzes erreicht werden. Die Beratung soll helfen, Schwachstellen bei N-Düngung und Energieeinsatz sowie geeignete Verbesserungsmaßnahmen zu identifizieren. Der "Klimacheck" sollte auch weitere Aspekte wie die Futtermittelverwertung oder THG-Emissionen aus der Landnutzung beinhalten. Die Beratungsmaßnahme sollte dafür genutzt werden, verbesserte Datengrundlagen zur Ressourcenproduktivität im Agrarsektor zu schaffen, die z. B. für horizontale Betriebsvergleiche benötigt werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollten bundesweit ausgetauscht werden und in die Weiterentwicklung der Klimaschutzberatung einfließen. In vielen Bundesländern gibt es Interesse an einer derartigen Maßnahme, eine bundesweit abgestimmte Maßnahmenentwicklung und ein Erfahrungsaustausch wären daher sinnvoll.

Für verschiedene Maßnahmen besteht noch Forschungsbedarf in Bezug auf die technische Optimierung und Implementierung sowie die Beurteilung ihrer Wirkungen auf THG-Emissionen. Zu nennen sind hier insbesondere Maßnahmen im Bereich der N-Düngung (Präzisionsdüngung, CULTAN-Verfahren, Nitrifikationsinhibitoren, Entwicklung neuer Qualitätsbestimmungen und N-reduzierter Düngungsverfahren im Brotweizen) oder der Einsatz von HTC-Kohle zur Verbesserung der Eigenschaften landwirtschaftlicher Böden bei gleichzeitig möglichst langfristigen Kohlenstofffestlegung. Landnutzungsstrategien für Grünland und Moore erfordern u. a. die Entwicklung neuer Landnutzungsoptionen, auf Moorflächen beispielsweise Untersuchungen zur Optimierung des Wasserregimes in Hinblick auf Klimaschutzziele, zum Drainagemanagement, zu klimaschonenden Nutzungsmöglichkeiten auf Moorflächen und zu technischen Anforderungen an die Bewirtschaftung bei hohem Wasserständen.

Die Ziele für den Ausbau des Biokraftstoffeinsatzes und die Berechnungssysteme für den Nachweis des Klimaschutzbeitrags der Biokraftstoffe sollten kritisch überprüft werden. Gemäß Erneuerbare Energien Richtlinie 2009/28/EG müssen Biokraftstoffe, die auf die nationalen Biokraft-

stoffquoten angerechnet werden, THG-Minderungsvorgaben einhalten. Die THG-Einsparungen sollen gegenüber Treibstoffen auf fossiler Grundlage bei mindestens 35 % liegen, ab dem Jahr 2017 bei 50 %, bei Neuanlagen bei 60 %. Über die Möglichkeit, diese Minderungswerte zu erreichen, besteht in der Wissenschaft kein Konsens (für eine positive Einschätzung vgl. Majer und Oehmichen, 2010; eine kritische Sicht vertreten Pehnelt und Vietze, 2012). Bei Berücksichtigung von Emissionen aus indirekten Landnutzungsänderungen sind die erforderlichen THG-Minderungen nicht zu erreichen (Flessa et al., 2012). Vor diesem Hintergrund sollte die künftige Rolle der Biokraftstoffe auf deutscher und EU-Ebene möglichst schnell geklärt werden, nicht zuletzt um Rechtssicherheit zu schaffen und die klimaschutzpolitische Integrität zu wahren. Ein weiterer Ausbau des Biokraftstoffeinsatzes und das Festhalten an dem Ausbauziel für das Jahr 2020 von 10 % des Benzin- und Dieselverbrauchs ergeben angesichts der Kosten und der schlechten THG-Bilanzen der Biokraftstoffe aus Sicht des Klimaschutzes keinen Sinn. Vor dem Hintergrund der Ausbauziele für Strom aus erneuerbaren Energien, u. a. aus Biogasverstromung, und für die Biogaseinspeisung in das Gasnetz sollte auch der weitere Ausbau der Biogaserzeugung aus Anbaubiomasse überprüft werden.

Schließlich ist zu klären, wie die Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen im Agrarsektor künftig in der deutschen Klimaschutzpolitik berücksichtigt werden sollen. Da zu erwarten ist, dass es in Zukunft auf EU-Ebene zu einer stärkeren Einbeziehung aller Emissionsquellen in die Klimaschutzpolitik kommen wird (vgl. EU Kommission, 2013), sollten die nächsten Jahre genutzt werden, die Integration des landwirtschaftlichen LULUC-Sektors in das klimaschutzpolitische System der EU fachlich und politisch mit zu gestalten.

Klimaschutz in der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik

In der Reform der GAP bieten sich verschiedene Ansatzpunkte für einen konsequenteren Klimaschutz im Agrarsektor. Für einen ausführlichen Überblick über die GAP-Reform und Klimapolitiken sei auf das Thünen-Workingpaper von Röder et al. (2013) verwiesen. Die Ausgestaltung der Instrumente sollte sicherstellen, dass von der GAP Beiträge zur Minderung der THG-Emissionen ausgehen (. Durch die Festlegung des Klimaschutzes als Haupt- und Nebenziel sollte Klarheit über das jeweilige Gewicht dieses Ziels hergestellt werden, zusätzlich sollte der quantitative Beitrag der Maßnahmen zur THG-Emissionsminderung ausgewiesen werden. Zur Einordnung von Maßnahmen und ihrer Wirkungsabschätzung sollte es eine Abstimmung zwischen Bund und Ländern geben. Die folgenden Bereiche sind für die angestrebte, stärkere Ausrichtung der GAP auf den Klimaschutz von besonderer Bedeutung:

- Schutz des Dauergrünlands als Teil des “greening” der ersten Säule der GAP: Die von der Kommission vorgesehene betriebliche Verpflichtung zur Erhaltung des Dauergrünlands ist für den Klimaschutz wenig wirksam, da bis zu 5 % des Grünlands umgewandelt und Grünlandstandorte bei Erhaltung des Flächenumfangs möglicherweise frei getauscht werden dürfen. Die Erhaltungsverpflichtung soll auf Basis des Jahres 2012 plus Neumeldungen aus dem Jahr 2015 gelten. Die Umsetzung kann auf regionaler oder einzelbetrieblicher Ebene erfolgen. Eine Umsetzung auf Bundeslandesebene dürfte durch Ankündigungseffekte zu einem verstärkten Grünlandumbruch führen, ggf. erst nach Auslaufen der bisherigen Grünlanderhaltung

durch Cross Compliance. Zusätzlich müssen die Mitgliedstaaten im Rahmen des “greening” einen einzelflächenbezogenen Schutz von Grünlandflächen innerhalb von Natura-2000-Gebieten etablieren. Fakultativ können sie darüber hinaus auch weitere zu schützende Grünlandflächen definieren,

- Die “greening”-Anforderung zum Nachweis ökologischer Vorrangflächen auf Acker- und Dauerkulturflächen schafft einen starken Anreiz, innerhalb der 5 %-Flexibilität Grünland zu Ackerland umzuwandeln, um die Fläche als ökologische Vorrangfläche auf Ackerland anrechnen zu können. In Futterbaubetrieben mit hohen Maisanteilen an der Ackerfläche besteht darüber hinaus ein Anreiz, Grünland umzubrechen, um die Anforderung an die Kulturartenvielfalt im Ackerbau einzuhalten. Wenn der Sanktionsmechanismus künftig nur auf maximal 37,5 % der Direktzahlungen basiert, könnten einige Betriebe auf diese Komponente verzichten und dann Grünland ohne Restriktionen umwandeln. Es besteht die Gefahr, dass die GAP-Reform zu einem weiteren Grünlandverlust beitragen wird, zumal im Zuge der Reform die zur Umsetzung von Cross Compliance erlassenen Grünlandschutzverordnungen in den Ländern Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein im Jahr 2017 aufgehoben werden. Um für den Klimaschutz wirksam zu werden, müsste der Dauergrünlandschutz parzellenscharf definiert werden. Dazu wäre ein Grünlandkataster auf Basis eines in der Vergangenheit liegenden Referenzjahres (z. B. 2011) zu erstellen, und Flächen mit Grünlandstatus sollten grundsätzlich nur bei Erhaltung des Dauergrünlands förderfähig sein. Der Sanktionsmechanismus sollte auf den gesamten Direktzahlungen aufbauen.
- Standard zum guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (GLÖZ) Nr. 6 “Erhaltung des Anteils der organischen Substanz im Boden (…) “: Diese Anforderung legt eine Erhaltung des Dauergrünlands nahe, da die organische Substanz bei Umwandlung in Ackerland nicht erhalten werden kann und sich bei Schaffung von Ersatzflächen nur sehr langsam wieder aufbaut. Auf Moorböden kann die organische Substanz nur bei verringerter Entwässerung gewährleistet werden. Daher sollte zumindest die Erneuerung und Vertiefung von Drainagen auf landwirtschaftlich genutzten, kohlenstoffreichen Böden untersagt werden. Für die Erhaltung des Humus auf mineralischen Ackerböden könnte ggf. eine kalkulatorische Humusbilanz gefordert werden. Die Überprüfung eines pauschal vorgegebenen, Mindesthumusgehalts mithilfe von Bodenuntersuchungen sollte dagegen nicht vorgeschrieben werden.
- Da der ursprünglich von der EU-Kommission vorgeschlagene Standard zum guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (GLÖZ) Nr. 7 “Schutz von Feuchtgebieten und kohlenstoffreichen Böden einschließlich eines Erstumbruchverbots“ aus dem Reformpaket gestrichen wurde, sollte der Grünlandschutz auf Moorböden über das "greening" (einzelflächenspezifischer Grünlandschutz) oder über den GLÖZ-Standard Nr. 6 erfolgen. Die Umsetzung über Cross Compliance hat den Vorteil, dass die Wirksamkeit aufgrund der höheren, maximalen Sanktionen besser abgesichert werden kann. Für die Erhaltung von Grünland auf Moorböden ist ein Flächenkataster zu erstellen, das neben Hoch- und Niedermooren auch Anmoore einbeziehen sollte, da die THG-Emissionen auf diesen Flächen ähnlich hoch wie auf Moorböden liegen. Um Klimaschutzwirkungen abzusichern, sollte die Erneuerung und Vertiefung von Drainagen untersagt und nur bei Einführung eines Drainagemanagements genehmigt

werden, da stark entwässerte Flächen auch bei Grünlandnutzung hohe Emissionen aufweisen. Diese Einschränkung könnte einheitlich für alle Landwirtschaftsflächen auf kohlenstoffreichen Böden über GLÖZ 6 erfolgen.

- Nutzung der Fördermöglichkeiten im Rahmen der ELER-Verordnung: Bund und Länder sollten eine betriebliche Klimaschutzberatung ("Klimacheck") ausgestalten, umsetzen und auf Grundlage der Erfahrungen fortlaufend weiterentwickeln. Eine solche Beratungsmaßnahme könnte den Ausgangspunkt für die Entwicklung von praxisorientierten Innovationsstrategien im Agrarsektor bilden. Im Rahmen der Agrarumweltmaßnahmen könnten z. B. verstärkt Maßnahmen zur Senkung der N-Überschüsse umgesetzt werden. Über die einzelbetriebliche Investitionsförderung sollten z. B. erhöhte Lagerkapazitäten und verbesserte Ausbringungstechnik für Wirtschaftsdünger oder Maßnahmen zur Energieeinsparung, z. B. für Gewächshäuser, gefördert werden. Investitionsförderungen für Stallbauten sollten an Bedingungen wie Mindestlagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger, Außenlager mit Abdeckung (statt ohne Abdeckung oder im Stall unter Flur) und die Durchführung eines betrieblichen Klimachecks geknüpft werden. Maßnahmen zur Restaurierung von Mooren bzw. zum klimaoptimierten Drainmanagement können künftig z. B. über Artikel 18 des ELER-Verordnungsentwurfs (Investitionen in materielle Vermögenswerte, Absatz 1 c) Flurbereinigung etc. und d) natürliches Erbe von Dörfern und ländlichen Landschaften) bzw. im Fall von Waldmooren über Artikel 26 des ELER-Verordnungsentwurfs gefördert werden.
- Die Investitionsförderung sollte so ausgestaltet werden, dass im unmittelbaren Umfeld von Moorgebieten keine Investitionen gefördert werden, die dem Ziel des Moorschutzes potentiell entgegenstehen.
- In der Evaluierung der Klimaschutzwirkungen der GAP sollten die Beiträge der verschiedenen GAP-Instrumente zur THG-Emissionsminderung überprüft und soweit möglich quantifiziert werden. Die Gesamtwirkung kann darauf aufbauend in bundesweit aggregierter Form dargestellt werden. Die Evaluierung sollte auch dazu dienen, Maßnahmen mit potentiell negativen Klimaschutzwirkungen zu überprüfen. Bei der Quantifizierung der THG-Emissionsminderung sollten einheitliche Methoden angewendet werden, und die Ergebnisdarstellung sollte nicht nur summarisch, sondern auch differenziert nach Quellgruppen erfolgen. Die bundesweite Zusammenführung der Ergebnisse macht eine abgestimmte Vorgehensweise auf Bundes- und Länderebene erforderlich.
- Finanzmittel aus der Versteigerung von Emissionszertifikaten bieten die Chance, Klimaschutzmaßnahmen im Agrar- und Landnutzungsbereich künftig auch außerhalb des ELER zu finanzieren, z. B. im Rahmen eines Moorschutzfonds. Für eine Übergangszeit können Moorschutzprojekte auch über privatwirtschaftlich organisierte Klimaschutzfonds finanziert werden, wie das Beispiel der „MoorFutures" in Mecklenburg-Vorpommern zeigt. Die rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen sollten so weiterentwickelt werden, dass neue (Misch-) Finanzierungen unter Einbeziehung der agrarpolitischen Förderung ermöglicht werden.

THG-Emissionsminderung in der Landwirtschaft – positiver externer Effekt oder Verminderung negativer externer Effekte?

Die Festlegung des Klimaschutzes als ein Ziel der agrarpolitischen Förderpolitik impliziert, dass THG-Emissionsminderungen in der Landwirtschaft als positiver externer Effekt behandelt und in vollem Umfang entgolten werden sollen. Dies steht im Gegensatz zur Behandlung der Unternehmen in anderen Sektoren und der privaten Haushalte, die zunehmend an den Kosten des Klimaschutzes beteiligt werden. Beispielsweise soll bis zum Jahr 2020 ein wachsender Anteil der Emissionszertifikate im EU-Emissionshandelssystem nicht mehr kostenlos zugeteilt, sondern versteigert werden. Eine Klimaschutzstrategie für den Agrarsektor erfordert daher eine Auseinandersetzung mit der Frage, welche Anforderungen den landwirtschaftlichen Unternehmen als Verpflichtung abverlangt werden sollen und welche Maßnahmen als darüber hinausgehende Klimaschutzleistung über Förderungsmaßnahmen entgolten werden sollen.

Weiterentwicklung des ordnungsrechtlichen Rahmens im Agrarsektor

Bei der Weiterentwicklung des landwirtschaftlichen Fachrechts sollten künftig die Wirkungen auf Klimaschutzziele gesondert betrachtet und bei der Ausgestaltung berücksichtigt werden. Das gleiche gilt für umweltpolitische Regelungen zum Wasser-, Boden- und Immissionsschutz. Im Folgenden werden einige relevante Regelungsbereiche benannt:

- Bezüglich der Erhöhung der N-Produktivität sowie der Senkung der N-Bilanzüberschüsse und der Ammoniakemissionen ergeben sich Synergien zwischen Luftreinhaltung, Klima- und Wasserschutz. Die nächste Novelle der Düngeverordnung sollte dazu genutzt werden, die Wirksamkeit der fachrechtlichen Anforderungen zu erhöhen. Grundlage für die Novelle bilden die von einer Bund-Länder-AG vorgelegten Vorschläge.
- Es sollte geklärt werden, wie die Anforderungen an die Lagerkapazität bzw. -dauer von Wirtschaftsdünger künftig geregelt werden sollen. Für Gärreste aus Biogasanlagen gibt es bisher keine bundesweit geltenden Anforderungen an die Lagerkapazität. Der Entwurf für die Bundesanlagenverordnung (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) enthält hierzu keine Angaben.
- Im Rahmen des Immissionsschutzrechts sollte die gasdichte Abdeckung von Gärrestlagern von Biogasanlagen grundsätzlich und unabhängig von der Anlagengröße geregelt werden. Bisher gibt es hierzu nur Anforderungen über das EEG für große, nach Immissionsschutzrecht genehmigungspflichtige Anlagen, die nach 2009 gebaut wurden. Über das Immissionsschutzrecht sollten auch Anforderungen für Güllelager formuliert werden, auch für kleinere Anlagen, die nicht unter besondere Genehmigungspflichten fallen.
- Mit der Umsetzung der Maßnahmenprogramme gemäß Wasserrahmenrichtlinie wird u. a. das Ziel verfolgt, die N-Belastungen der Gewässer deutlich zu senken. Maßnahmen zur Optimierung der N-Düngung sollten zur Nutzung dieser Synergien auf die Zielgebiete gemäß WRRL konzentriert werden.
- Die Instrumente der Gemeinsamen EU-Agrarpolitik zur Grünlanderhaltung, die nur eingeschränkt wirksam sind und sich im Rahmen der nächsten Reform weiter verändern werden,

sollten zur Absicherung durch nationale oder Ländergesetze flankiert und auf längere Sicht abgelöst werden.

- Teil einer langfristig angelegten Flächennutzungsstrategie für Moorflächen sollte auch die Überprüfung und Anpassung des Rechtsrahmens zum Wassermanagement sein, z. B. in den Bereichen Planungs-, Wasser- und Bodenschutzrecht.
- Die fachrechtliche Definition von Mooren im Naturschutz ist so zu präzisieren, dass Moore alle kohlenstoffreichen Böden umfassen. Neben der Umwandlung von Grünland sollte auf diesen Standorten der Ausbau der Drainagen (inkl. der Tieferlegung) untersagt werden.

Datenerfassung und -nutzung

Die Abbildung von landwirtschaftlichen Klimaschutzmaßnahmen in der Emissionsberichterstattung und die Möglichkeiten zur Analyse von Klimaschutzoptionen können durch verbesserte Datengrundlagen und die Gewährung von Nutzungsrechten über in öffentlichen Einrichtungen verfügbare Daten erweitert werden. Beispielsweise könnte durch eine repräsentative Erhebung die Datengrundlage sowohl hinsichtlich der Wirtschaftsdüngermengen, die in Biogasanlagen fermentiert werden, als auch den Anteil von gasdicht abgedeckten Gärrestlagern verbessert werden. Diese Erhebung könnte auf Daten der jährlichen Anlagen-Audits und Überprüfungen der Stoffströme im Rahmen des EEG aufbauen. Statistische Datengrundlagen fehlen auch zur Drainage und zum Entwässerungszustand von kohlenstoffreichen Böden.

Ein weiteres Beispiel sind die Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS), die für Analysen der Landnutzung und der Landnutzungsveränderungen sowie zur Abschätzung der Potenziale flächenbezogener Klimaschutzmaßnahmen herangezogen werden können. Die Daten der Zentralen InVeKoS-Datenbank stehen für Zwecke der Emissionsberichterstattung zur Verfügung. Die für Landnutzungsanalysen notwendigen GIS-Informationen sind aber nicht Bestandteil der zentralen Datenbank, sondern müssen von den Ländern freigegeben werden. Für die Emissionsberichterstattung und Potenzialanalysen zum Klimaschutz wäre eine Verbesserung des Datenzugangs wünschenswert. Das Gleiche gilt für die Verbesserung des Zugangs zu Bodenkarten und -daten der Fachbehörden der Bundesländer.

6.3 Klimaschutzmaßnahmen im Forst- und Holzsektor

Die in diesem Bericht vorgestellten Maßnahmen zur Waldbehandlung und Holzverwendung können nicht losgelöst voneinander betrachtet werden. Zu beachten sind zum einen die gegenseitige Abhängigkeit der unterschiedlichen waldbaulichen Optionen (z. B. zwischen Baumartenwechsel und Umtriebszeitänderungen), die Langfristigkeit der damit verbundenen Festlegungen, sowie die daraus folgenden Konsequenzen für die zeitliche Abfolge der Maßnahmen, für das entsprechend verfügbare Flächenpotenzial und auch für die Veränderung der Risikostrukturen. Zum anderen wirkt sich jede Maßnahme im Wald direkt oder indirekt auf die zur Verfügung stehenden Rohholzmengen und damit auf die nachgelagerten Verwendungsmöglichkeiten des nach-

wachsenden Rohstoffs in den verschiedenen Marktbereichen (z. B. Bausektor) aus. Gleichzeitig beeinflussen Änderungen der Nachfrage nach Holz bzw. holzbasierten Produkten, sei es als Energieträger oder als veredeltes Holzprodukt, den Preis von Rohholz und dementsprechend auch die heimische Waldbewirtschaftung. Eine Fokussierung auf einzelne Maßnahmen, wie sie im vorherigen Kapitel detailliert beschrieben wurden, ohne etwaige Änderungen in den Stoffströmen entlang der gesamten Forst- und Holzkette bzw. mögliche Marktverschiebungen berücksichtigt zu haben, kann zu unerwünschten Effekten führen – nicht nur hinsichtlich der CO_2-Bilanz.

Entscheidend für einen positiven Beitrag zum Klimaschutz ist letztendlich die Gesamtbilanz des Forst- und Holzsektors unter Beachtung der indirekten Effekte, die mit etwaigen Maßnahmen verbessert werden soll. Eine forcierte Ausweitung der Holzverwendung in Deutschland oder auch eine Fokussierung auf eine Vergrößerung des Waldspeichers unter Missachtung einer hiervon unabhängigen und gleich hohen Nachfrage nach Holz aus Baustoff oder Energieträger, kann sich auf globaler Ebene sogar negativ auswirken, wenn die Maßnahmen nicht abgestimmt sind und Konzepte fehlen, woher die benötigten Rohstoffmengen kommen sollen (z. B. Holzimporte aus nicht mengennachhaltiger Bewirtschaftung). Auch ist die Nutzung stofflich verwendbaren Holzes für energetische Zwecke klimaschutztechnisch nicht optimal, da eine kaskadische Nutzung des nachwachsenden Rohstoffs den CO_2-Beitrag nachweislich deutlich verbessert.

Insofern zeigen die vorstehend beschriebenen Maßnahmen exemplarisch die grundsätzlichen Möglichkeiten für eine Steigerung des Klimaschutzbeitrages von Forst- und Holzwirtschaft auf. Des Weiteren muss die bestehende Informationslage zur Treibhausgaswirkung des Sektors konsequent weiter verbessert werden, wofür die klimapolitischen Entscheidungen zur Fortführung des Kyoto-Protokolls einen wichtigen Anreiz setzen. Dies erlaubt die unmittelbare CO_2-Wirkung der Maßnahmen noch deutlich genauer einzugrenzen und ihre oft komplexen Wirkzusammenhänge offenzulegen. Die identifizierten Möglichkeiten müssen zu abgestimmten Konzepten zusammengeführt werden, auf deren Basis das zusätzliche Klimaschutzpotenzial des Forst- und Holzsektors für Deutschland insgesamt erst belastbar quantifiziert werden kann, und die die obengenannten unerwünschten indirekten Effekte vermeiden.[23] Absehbar ist, dass solche Konzepte auf längere Frist ausgelegt sein müssen. Die meisten der beschriebenen Maßnahmen im Forstbereich haben eine langfristig ausgelegte Klimawirksamkeit, und auch die naturschutzpolitischen Aspekte einiger Maßnahmen sprechen für eine langfristig angelegte Maßnahmenumsetzung.

Mit Blick auf Instrumente zur politischen Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen im Forst- und Holzsektor erscheint es zunächst sinnvoll, die bestehenden Fördersysteme in ihrer Gesamtwirkung in Bezug auf die Vermeidung unerwünschter indirekter Effekte zu überprüfen. Zu fragen ist beispielsweise, wie Diskriminierungen der stofflichen gegenüber der energetischen Verwendung überwunden werden könnten, welche etwa durch die Förderung der Verbrennung von Wald-

[23] Entsprechende Konzepte befinden sich am Thünen-Institut in Bearbeitung.

Frischholz im Rahmen des EEG induziert werden. Würden die Anreize für die stoffliche Verwendung von Holz gegenüber der energetischen verstärkt, dann ließen sich durch den oftmals geringeren Energieeinsatz bei der Herstellung von Holzprodukten zusätzlich auch Emissionen aus fossilen Energieträgern einsparen. Zwar ist dieser Substitutionseffekt in der Treibhausgasberichterstattung nicht dem LULUCF-Sektor zuzurechnen (s. Kap. 2.3.3), doch unterstreicht er die große Bedeutung des Beitrags einer nachhaltigen Forstwirtschaft: die Bereitstellung eines nachwachsenden und vielseitig verwendbaren Rohstoffs. Insbesondere das große Potenzial der stofflichen Verwendung von Holz im Bausektor (Holzbauquote 14 %) ist hier zu betonen, dessen möglicher Beitrag bei der Einsparung von Treibhausgasemissionen ersichtlich ist und der Gesellschaft, Politik und Marktteilnehmern mithilfe bestehender Systeme und Kennzeichen (Ökobilanzen, Umweltproduktdeklarationen und Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden) noch besser vermittelt werden sollte. So kann beispielsweise eine regelmäßige Erhebung von Umweltkenndaten der holzverarbeitenden Industrie im Rahmen eines Monitoring nicht nur einer verbesserten Kommunikation dienen, sondern trägt dazu bei, gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Emissionssituation auf Unternehmens- wie auch auf Sektorebene durchführen zu können.

Für das existierende Förderregime im Bereich der Waldwirtschaft (überwiegend im Rahmen der GAK) gilt, dass bei der Wahl zusätzlicher politischer Umsetzungsinstrumente zu berücksichtigen ist, dass dieses im Vergleich zum landwirtschaftlichen finanziell insgesamt wesentlich knapper ausgestattet ist. Die von ihm ausgehenden Anreize sind daher geringer, und seine Steuerungswirkung entsprechend grundsätzlich begrenzt. Dies beschränkt auch die Möglichkeit, Klimaschutzanreize durch eine Umstrukturierung der bestehenden forstlichen Förderung bzw. durch eine Modifikation der Förderbedingungen zu verstärken. Zudem wirkt das Instrument “Förderung” nur auf einem Teil der Waldfläche, weil es in seiner Ausrichtung auf nichtstaatliche Waldeigentümer die Flächen der Länder ausschließt. In der politischen Diskussion findet sich daher, zumal von Umweltseite, oft die Forderung, gesellschaftlich erwünschte Umweltwirkungen des Waldes, zu denen auch die Klimaschutzwirkung gerechnet werden kann, über ordnungsrechtliche Instrumente wie z. B. entsprechende Mindeststandards sicherzustellen.

Gegen eine Anhebung der ordnungsrechtlichen Anforderungen an die Waldwirtschaft zugunsten von Klimaschutzmaßnahmen sprechen jedoch nicht nur unerwünschte Verteilungswirkungen auf den Forstsektor insgesamt sowie die Tatsache, dass die Verteilungswirkungen auch innerhalb des Sektors sehr willkürlich und selektiv sein können (so treffen z. B. ordnungsrechtliche Einschränkungen der Baumartenwahl selektiv nur diejenigen Betriebe, die durch die betroffenen Baumarten geprägt sind). Eine Fokussierung auf ordnungsrechtliche Instrumente könnte auch die Ungleichgewichte im Vergleich zum landwirtschaftlichen Sektor weiter verstärken und dadurch forstliche im Vergleich zu landwirtschaftlichen Klimaschutzoptionen künstlich unattraktiver machen, als sie sind. Als Beispiel kann das Instrument der Erstaufforstungsförderung dienen, dessen bereits heute geringe Akzeptanz weitgehend auf den Wechsel der betroffenen Flächen vom landwirtschaftlichen zum forstlichen Förder- und Rechtsregime zurückzuführen ist. Die Etablierung des Waldklimafonds erscheint in diesem Licht als wichtige Chance, die Wirksamkeit freiwilliger Instrumente durch Stärkung der entsprechenden finanziellen Anreize zu erhöhen, und

dadurch auch die genannten Ungleichgewichte im Vergleich zur landwirtschaftlichen Bodennutzung zu reduzieren.

6.4 Forschung zum Klimaschutz am Thünen-Institut

Der vorliegende Bericht gibt den aktuellen Stand des Wissens zu Klimaschutzmaßnahmen wieder. Am Thünen-Institut werden die im Zusammenhang mit Klimaschutzstrategien stehenden Forschungsfragen fortlaufend weiter bearbeitet. Für den Forschungsschwerpunkt „Umgang mit Ressourcenknappheit und Klimaänderungen“ sind die Fokusthemen „Erfassung und Minderung klimarelevanter Emissionen“, „Klimaschutzstrategien für den Agrarbereich“ sowie „Klimaschutzstrategien für Wald und Holznutzung“ festgelegt worden, an denen institutsübergreifend gearbeitet wird.

Im Mittelpunkt der Aktivitäten stehen die weitere Verbesserung der THG-Inventare und die Bewertung von Klimaschutzoptionen im Agrar-, Forst- und Holzsektor hinsichtlich ihres Vermeidungspotenzials und ihrer THG-Vermeidungskosten. Dafür sollen auch indirekte Effekte von Klimaschutzmaßnahmen erfasst und bewertet werden, um die Netto-Emissionswirkungen zu bestimmen. Weitere Herausforderungen sind der Aufbau bzw. die Weiterentwicklung produktbezogener Bewertungen der Klimawirkungen von Agrar- und Holzerzeugnissen mithilfe von Ökobilanzierungen für die gesamte Wertschöpfungskette. Ergänzend sollen Klimaschutzstrategien in anderen Sektoren betrachtet werden. Dies schließt die Abschätzung von Wechselwirkungen mit dem Agrar-, Forst- und Holzsektor ein, beispielsweise im Falle der Bioenergieförderung. Auf Basis dieser Arbeiten wird das Thünen-Institut weiter an der Entwicklung und Bewertung von Klimaschutzstrategien für den Agrarsektor, für den Wald und die Holznutzung arbeiten.

7 Literaturverzeichnis

Akiyama HYX, Yagi K (2010) Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N_2O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. Global Change Biology 16: 1837-1846

Albrecht S, Rüter S, Welling J, Knauf M, Mantau U, Braune A, Baitz M, Weimar H, Sörgel C, Kreißig J, Deimling S, Hellwig S (2008) Ökologische Potenziale durch Holznutzung gezielt fördern. Hamburg: Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), 298 p, Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie No. 2008/5

Atkinson C, Fitzgerald J, Hipps N (2010) Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. Plant and Soil 2010;337:1

Beesley L, Moreno-Jiménez E, Gomez-Eyles JL, Harris E, Robinson B, Sizmur T. A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. Environmental Pollution. In Press, Corrected Proof

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2011) Erneuerbare Energien in Zahlen. Internet-Update ausgewählter Daten. Dezember 2011. URL:http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_zahlen_internet-update.pdf

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2008): Biogas und Umwelt – Ein Überblick. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin

BMVBS (2011) Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS), 97 p

Bormann K (2010) Halbzeitbewertung von PROFIL: Teil II – Kapitel 15: Forstliche Förderung im Schwerpunkt 2. 86p. http://www.vti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/Agraroekonomie/publikationen/sonstige/lr_Projekt_7_Laender_Bewertung/Niedersachsen_Bremen/de/NI_Teil%20II_Kap%2015_Forst%20SP.pdf

Bouwman AF, Boumans LJM et al. (2002) Emissions of N_2O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data. Global Biogeochem. Cycles16(4): 1058

Clapp C, Briner G, Karousakis K (2010) Low-emission development strategies (LEDS): Technical, institutional and policy lessons. OECD-Dokument COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2010)2. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) and International Energy Agency (IEA)

DAFA (Deutsche Agrarforschungsallianz) (2012) Fachforum Leguminosen. Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft – Ökosystemleistungen von Leguminosen wettbewerbsfähig machen. Forschungsstrategie der Deutschen Agrarforschungsallianz

DBFZ (Deutsches Biomasse Forschungszentrum) (2011) Monitoring zur Wirkung des Erbeuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, Zwischenbericht

DBFZ (Deutsches Biomasse Forschungszentrum) (2012) Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, Endbericht zur EEG-Periode 2009-2011

de Witte T (2012) Entwicklung eines betriebswirtschaftlichen Ansatzes zur Ex-ante Analyse von Agrarstrukturwirkungen der Biogasförderung – angewendet am Beispiel des EEG 2009 in Niedersachsen, Dissertation, vTI Braunschweig, veröffentlicht im Oktober 2012

Döhler H, Eurich-Menden B, Rößler R, Vandré R, Wulf S (2011) Systematische Kosten-Nutzen-Analyse von Minderungsmaßnahmen für Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft für nationale Kostenabschätzungen. Endbericht. UBA Vorhaben FKZ 312 01 287. UN ECE – Luftreinhaltekonvention - Task Force on Reactive Nitrogen - KTBL, Darmstadt

Drösler M, Freibauer A, Adelmann W, Augustin J, Bergman L, Beyer C, Chojnicki B, Förster C, Giebels M, Görlitz S, Höper H, Kantelhardt J, Liebersbach H, Hahn-Schöfl M, Minke M, Petschow U, Pfadenhauer J, Schaller L, Schägner JP, Sommer M, Thuille A, Wehrhan M (2011) Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis: Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt "Klimaschutz – Moornutzungsstrategien" 2006-2010. Braunschweig, Berlin, Freising, Jena, Müncheberg, Wien: vTI Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, 21 p, Arbeitsbericht aus dem vTI Institut für Agrarrelevante Klimaforschung 2011/04

Dunger K, Stümer W, Oehmichen K, Riedel T, Bolte A. (2009) Der Kohlenstoffspeicher Wald und seine Entwicklung. AFZ/Der Wald 64(20): 1072-1073

Eberhard G, Odening M, Lotze-Campen H, Erlach B, Rolinski S, Rothe P, Wirth B (2011) Rentabilität der Hydrothermalen Karbonisierung unter Berücksichtigung von Transportkosten. Berichte über Landwirtschaft 89(3): 400-424

Eckard RJ, Grainger C, De Klein CAM (2010) Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. Livestock Science, 130 (2010): 47-56

EEA (Europäische Umweltagentur) (2012) GHG Inventory 2012 Submission, Period 1990 to 2010, Germany. Reported 2012-01-13
http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/ghgmm/envtw7blw/index_html?page=1

Elsasser P (2008) Neuwaldbildung durch Sukzession: Flächenpotentiale, Hindernisse, Realisierungschancen. Johann Heinrich von Thünen - Institut, Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, 2008/5; 28 p.; Hamburg

EU (2009) ENTSCHEIDUNG Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020

EU Kommission (2013) BESCHLUSS Nr. 529/2013/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Mai 2013 über die Anrechnung und Verbuchung von Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen infolge von Tätigkeiten im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft und über Informationen zu Maßnahmen in Zusammenhang mit derartigen Tätigkeiten

Europäische Kommission (2011a) Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES mit Vorschriften über Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik

Europäische Kommission (2011b) Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik. URL:
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0628: FIN:DE:PDF. Stand 10.11.2011

Europäische Kommission (2011c) Vorschlag für eine VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER). KOM(2011) 627 endgültig/2. Stand 19.10.2011

Fargione J, Hill J, Tilman D, Polasky S, Hawthorne P (2008) Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. Science 319:1235-123

Flachowsky G, Brade W (2007) Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskunde, 79(6):417-465

Flachowsky G, Lebzien P (2009) Comments on in vitro studies with methane inhibitors. Animal Feed Science and Technology, 151(2009):337-339

Fleege F (2008) Spermasexing beim Rind. In: Sächsische BauernZeitung, 49. Jg., 1. Woche, S. 30-31

Flessa H (2010) Lachgasemissionen beim Anbau von Winterraps. Vortrag Symp. Klimabilanz im Winterrapsanbau (unveröff.).

Flessa H, Müller D, Plassmann K, Osterburg B, Techen A-K, Nitsch H, Nieberg H Sanders J, Meyer zu Hartlage O, Beckmann E, Anspach V (2012) Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Landbauforschung Sonderheft 361, Braunschweig

FNR (2005) Biogas-Messprogramm, Gülzow. Erstellt durch die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig

Frese D (2009) Sperma Sexing in der praktischen Anwendung. Züchtungskunde, 81(1): 7-13

Fritsche U und Wiegmann K (1998) Treibhausgasbilanzen und kumulierter Primärenergieverbrauch von Bioenergie-Konversionspfaden unter Berücksichtigung möglicher Landnutzungsänderungen - Expertise im Auftrag des WBGU. Darmstadt, Berlin: Öko-Institut e.V. und WBGU, 82

Frühwald A, Scharai-Rad M, Hasch J (2000) Ökologische Bewertung von Holzwerkstoffen. Ergänzt in den Bereichen Spanplattenrecycling und OSB-Bilanzen. Hamburg: Ordinariat für Holztechnologie der Universität Hamburg, 176 p, Abschlussbericht

Fuß R, Ruth B et al. (2011) Pulse emissions of N2O and CO2 from an arable field depending on fertilization and tillage practice. Agriculture, Ecosystems & Environment144(1): 61-68

Gärtner S, Münch J, Reinhardt G, Vogt R (2008): Ökobilanzen. In: IFEU (Hrsg.) (2008) Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und –nutzung in Deutschland. Verbundprojekt gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. F&E-Vorhaben, KFZ: 0327544, Heidelberg, Leipzig, Berlin, Darmstadt. Mai 2008

Gaunt JL, Lehmann J (2008) Energy Balance and Emissions Associated with Biochar Sequestration and Pyrolysis Bioenergy Production. Environmental Science & Technology 42(11): 4152-4158

Grajewski R (Hrsg.) (2011) Ländliche Entwicklungspolitik ab 2014. Eine Bewertung der Verordnungsvorschläge der Europäischen Kommission vom Oktober 2011. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie, 08/2011

Gustavsson L, Pingoud K, Sathre R (2006) Carbon Dioxide Balance of Wood Substitution: Comparing Concrete- and Wood-Framed Buildings. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11(3):667-691

Haenel HD, Rösemann C, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Döhler H, Eurich-Menden B, Wulf S, Dieterle M, Osterburg B (2012) Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2010 - Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2012. Landbauforschung Sonderheft 356

Höglund-Isaksson L, Winiwarter W, Purohit P, Rafaj P, Schöpp W, Klimont Z (2012) EU low carbon roadmap 2050: Potentials and costs for mitigation of non-CO_2 greenhouse gas emissions. Energy Strategy Reviews (2012), in press

IFEU (2008) Materialband O: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, In: IFEU (Hrsg.) Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und –nutzung in Deutschland. FKZ (BMU) 0327544, Heidelberg

IPCC (2006) IPCC Guidelines for Greenhouse Gas Inventories - Vol 4 Agriculture, Forestry and other Land Use. Hayama, Kanagawa, Japan: IEA/OECD, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit, 683 p

IPCC (2011) IPCC Expert Meeting on HWP, Wetlands and Soil N2O. Hayama, Kanagawa, Japan: Pub. IGES, Japan 2011, 54 p, Meeting Report of the IPCC Expert Meeting on HWP, Wetlands and Soil N2O, Geneva, Switzerland, 19-21 October, 2010

Jahangir MMR, Khalil MI et al. (2012) Denitrification potential in subsoils: A mechanism to reduce nitrate leaching to groundwater. Agriculture, Ecosystems & Environment147(0): 13-23

Johnson KA, Johnson DE (1995) Methane emissions from cattle. Journal of Animal Science

Johnston AE, Poulton PR, Coleman K (2009) Soil Organic Matter. Its Importance in Sustainable Agriculture and Carbon Dioxide Fluxes. Adv. Agron. 101: 1-57

Jungkunst HF, Neufeldt FA, Bareth G (2006) Nitrous oxide emissions from agricultural land use in Germany – a synthesis of available annual field data. Journal of Plant Nutrition and Soil Science169

Kim D-G, Saggar S et al. (2012) The effect of nitrification inhibitors on soil ammonia emissions in nitrogen managed soils: a meta-analysis. Nutrient Cycling in Agroecosystems 93(1): 51-64

Knappe F, Vogt R, Lazar S, Höke S (2012): Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. UBA-Texte 31/2012. http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4310.pdf

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2011) Ergebnisse der $CO_{2äq}$-Einsparungen und $CO_{2äq}$-Vermeidungskosten, In: Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland – Bewertung der Wirkungen des EEG. Leipzig: DBFZ, abrufbar unter http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22003410.pdf, zitiert am 05.05.2012, S. 57-68

Lesschen JP, Velthof GL et al. (2011) Differentiation of nitrous oxide emission factors for agricultural soils. Environmental Pollution159(11): 3215-3222

LfULG (2011) Spermasexing bei Milchrindern. Schriftenreihe des LfULG, Heft 23/2011: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Libra JA, Ro KS, Kammann C, Funke A, Berge ND, Neubauer Y et al. (2010) Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. Biofuels 2010;2:71

Liebetrau J, Daniel-Gromke J, Oehmichen K, Weiland P, Friehe J, Clemens J, Hafermann C (2012) Emissionsanalyse und Quantifizierung von Stoffflüssen durch Biogasanlagen im Hinblick auf die ökologische Bewertung der landwirtschaftlichen Biogasgewinnung und Inventarisierung der deutschen Landwirtschaft (FKZ: 22023606). Projektbericht für ein durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe geförderten Projekts

López-Valdez F, Fernández-Luqueño F, et al. (2011) Greenhouse gas emissions and plant characteristics from soil cultivated with sunflower (Helianthus annuus L.) and amended with organic or inorganic fertilizers. Science of The Total Environment412-413(0): 257-264

Majer S, Oehmichen K (2010) Mögliche Ansätze zur Optimierung der THG-Bilanz von Biodiesel aus Raps. Deutsches BiomasseForschungsZentrum gemeinnützige GmbH

Memmler M, Mohrbach E, Schneider S, Dreher M, Herbener R (2009) Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. Umweltbundesamt, Climate Change 12/2009

Murphy D, Boyle J (2012) Agriculture and Climate Change: Post-Durban issues for negotiators. IISD Report. The International Institute for Sustainable Development, May 2012

Mutegi JK, Munkholm LJ, Petersen BM, Hansen EM, Petersen SO (2010) Nitrous oxide emissions and controls as influenced by tillage and crop residue management strategy. Soil Biology and Biochemistry. Volume 42, Issue 10, October 2010, 1701–1711.

Niedersächsische Landesforsten (2008) Waldbewertungsrichtlinien. http://www.landesforsten.de; Downlowdbereich Waldbewertung http://www.landesforsten.de/fileadmin/doku/Produkte_u_Service/Waldbewertung/Tab_14_Alterswertfaktoren_7.2009.pdf, 14. + 15. August 2012

Osterburg B, Nieberg H, Rüter S, Isermeyer F, Haenel H-D, Hahne J, Krentler J-G, Paulsen HM, Schuchardt F, Schweinle J, Weiland P (2009) Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors - Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 03/2009. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Hamburg und Trenthorst

Osterburg B, Runge T (2007) Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 307

Pathak H, Nedwell DB (2001) Nitrous Oxide Emission from Soil with Different Fertilizers, Water Levels and Nitrification Inhibitors. Water, Air, & Soil Pollution129(1): 217-228.

Pehnelt G, Vietze C (2012) Uncertainties about the GHG Emissions Saving of Rapeseed Biodiesel. Jena Economic Research Papers 2012-039

Pfab H (2011) Influence of catch crops as well as of a waiting period between catch crop incorporation and following N-fertilization on N_2O-emissions in Dissertation: Nitrous oxide emissions and mitigation strategies – Measurement on an intensively fertilized vegetable cropped loamy soil. Institut für Kulturpflanzen-wissenschaften, Universität Hohenheim, Fachgebiet Düngung mit Bodenche-mie. Universität Hohenheim, Hohenheim, S. 120

Pfab HPI, Buegger F, Fiedler S, Müller T, Ruser R (2009) Einfluss von N-Düngermenge und Nitrifikationshemmung auf die direkten N2O-Emissionen eines gemüsebauliche genutzten Ackerbodens. Jahrestagung der DBG Bonn

Poeplau C, Don A, Vesterdal L, Leifeld J, Van Wesemael B, Schumacher J, Gensior A (2011) Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone - carbon response functions as a model approach. Global Change Biology (17): 2415-2427

Polley H, Henning P, Schitzgebel F (2009) Holzvorrat, Holzzuwachs, Holznutzung in Deutschland. AFZ - Der Wald 64(20):1076-1078

Ramke (2009) http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Bioenergie-Nachwachsende Rohstoffe/HTC-Ramke.pdf?__blob=publicationFile

Rensberg N (2011): Vergütungsstruktur und Wirksamkeit der EEG-Boni, In: Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland – Bewertung der Wirkungen des EEG. Leipzig: DBFZ, abrufbar unter http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22003410.pdf, zitiert am 05.05.2012, S. 33-37

Rock, J, Bolte, A (2011) Auswirkungen der Waldbewirtschaftung 2002 bis 2008 auf die CO_2-Bilanz. AFZ / Der Wald 66(15): 22-24

Röder N, Grützmacher F (2012) Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren - Vermeidungskosten und Anpassungsbedarf. Natur und Landschaft (87): 56-61

Röder N, Osterburg B, Kätsch S (2013) Faktencheck Agrarreform: Integration von Klimaschutz und Klimaanpassung in die Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2013. Thünen Working Paper 11. http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dn052658.pdf

Ruser R, Flessa H et al. (2006) Emission of N_2O, N_2 and CO_2 from soil fertilized with nitrate: effect of compaction, soil moisture and rewetting. Soil Biology and Biochemistry38(2): 263-274

Rüter S (2011a) Projection of Net ‐ Emissions from Harvested Wood Products in European Countries - For the period 2013-2020. Hamburg: Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), 63 p, Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie Report No: 2011/01

Rüter S (2011b) Welchen Beitrag leisten Holzprodukte zur CO2-Bilanz? AFZ - Der Wald 66(15):15-18

Rüter S, Rock J, Köthke M, Dieter M (2011) Wieviel Holznutzung ist gut fürs Klima? AFZ - Der Wald 66(15):19-21

Sathre R, O'Connor J (2010) A Synthesis of Research on Wood Products & Greenhouse Gas Impacts, 2nd Edition. Vancouver, B.C, Canada: FPInnovations, 117 p, Technical Report No. TR-19R

Schaller L, Drösler M, Höper H, Kantelhard J (2012) The costs of drowning GHG ‐ emissions in the peatlands ‐ An economic assessment of potential agricultural emission ‐ reduction in the LULUCF sector. Selected Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference, Foz do Iguaçu, Brazil, 18 ‐ 24 August, 2012. http://ageconsearch.umn.edu/handle/125219

Schils R, van Groenigen J et al. (2008) Nitrous oxide emissions from multiple combined applications of fertiliser and cattle slurry to grassland." Plant and Soil310(1): 89-101

Schmid H, Braun M, Hülsbergen KJ (2013) Treibhausgasbilanzen und ökologische Nachhaltigkeit der Pflanzenproduktion – Ergebnisse aus dem Netzwerk der Pilotbetriebe. Thünen Rep 8: 259-294

Searchinger T, Heimlich R, Houghton RA, Dong F, Elobeid A, Fabiosa J, Tokgoz S, Hayes D, Yu T-H (2008) Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. Science 319:1238-1240

Senbayram M, Chen R et al. (2012) N_2O emission and the $N_2O/(N_2O+N_2)$ product ratio of denitrification as controlled by available carbon substrates and nitrate concentrations. Agriculture, Ecosystems & Environment147(0): 4-12

Sohi S et al. (2009) Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. CSIRO Land and Water Science Report 05/09: CSIRO; 2009

Spiess E, Irla E, Heusser J (2006) Depot injection of ammonia fertilisers with the CULTAN-system. ART-Berichte, Switzerland, 16 pp.

Statistisches Bundesamt (2010). Produzierendes Gewerbe: Produktion. Fachserie 4 Reihe 3.1, 2009. Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2011) Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Teil 3: Treibhausgase (insgesamt, CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF6), Luftschadstoffe (NH_3, SO_2, NOx, NMVOC, Feinstaub). Ausgabe 2011, Berichtszeitraum 1995 – 2009

Stehfest E, Bouwman L (2006) N_2O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74(3): 207-228

Steinbeiss S, Gleixner G, Antonietti M (2009) Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. Soil Biology & Biochemistry (2009) 1–10

Stichnothe H (2011) http://ebookbrowse.com/stichnothe-htc-bewertung-pdf-d97970429

Stratmann U (2008) Klimaschutz und Klimaanpassung: Was bietet ELER? Was machen die Länder? Auswertung der Länderprogramme zur Entwicklung des Ländlichen Raums, Stand: nach Erstgenehmigung. LandInForm 2-2008, S. 25

Swalve H (2010) Strategien der Rinderzucht unter Berücksichtigung von Ressourcen- und Umweltschutz. In: 23. Hülsenberger Gespräche 2010. Wiederkäuerernährung - wesentliche Grundlage für Tiergesundheit, Ressourcenschonung sowie Umwelt- und Klimaschutz. Im Internet: http://www.schaumann-stiftung.de/cps/schaumann-stiftung/ds_doc/web_Huelsenberg_2010.pdf

Thiering J, Bahrs E (2011) Biogasproduktion in Deutschland – sollte die energetische Nutzung von Wirtschaftsdünger explizit gefördert werden? In: GJAE 60 (2011) Nr. 4, S. 259-275

Tietz A (2010) Auswirkungen von Health Check und EU-Konjunkturprogramm auf die ländlichen Entwicklungsprogramme der deutschen Bundesländer. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie, 03/2010

UBA (Umweltbundesamt) (2011) Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2010 und erste Schätzung 2011. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 5 pUBA (Umweltbundesamt) (2011) Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen. 1990 - 2010 (Endstand 14.12.2011). Im Internet unter: http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/archiv/2012/2011_12_14_EM_Entwicklung_in_D_Trendtabelle_THG_v1.2.0.zip

UBA (Umweltbundesamt) (2012) Inventartabellen im Common Reporting Format (CRF). CRF 2012 XLS in ZIP, Fassung zur EU-Submission. Im Internet unter: http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/ghgmm/envtw7blw/index_html?page=1

UBA (Umweltbundesamt) (2012a) Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2010 und erste Schätzungen 2011. Fachgebiet I 2.5 Energieversorgung und -daten. Dessau-Roßlau, April 2012

UBA (Umweltbundesamt) (2013) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2012 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2010. EU-Submission. Dessau: Umweltbundesamt, 832 p.

UNFCCC (2011a) The Cancun Agreements: Land use, land-use change and forestry (Decision 2/CMP.6). *FCCC/KP/CMP/2010/12/Add.1*

UNFCCC (2011b) Land Use, Land-Use Change and Forestry (Decision 2/CMP.7). *Decision 2/CMP.7 (www.unfccc.int)*

UNFCCC (2011c) Synthesis report of the technical assessments of the forest management reference level submissions. *FCCC/KP/AWG/2011/INF.2*

Vellinga TV, André G, Schils RLM, Oenema O (2004) Operational nitrogen fertilizer management in dairy farming systems: Identification of criteria and derivation of fertilizer application rates. Grass and Forage Science 59: 364-377

Velthof GL (2011) Calculation of nitrous oxide emissions from agriculture in the Netherlands. Alterra-Report. Wageningen, Alterra, RIVM

Velthof GL, Hoving IE, Dolfing J, Smit A, Kuikman PJ, Oenema O (2010) Method and timing of grassland renovation affects herbage yield, nitrate leaching, and nitrous oxide emission in intensively managed grasslands. Nutrient Cycling in Agroecosystems 86, 401-412

Velthof GL, van der Meer HG, Arts HFM (2002) Some environmental aspects of grassland cultivation The effects of ploughing, depth, grassland age, and nitrogen demand of supsequent crops. Alterra Green World Research, Wageningen

Verheijen SJ, Bastos AC, van der Velde M, Diafas I (2010) Biochar Application to Soils. JRC Scientific and Technical Reports. Ispra: JRC Ispra; 2010

Woolf D, Amonette JE, Street-Perrott FA, Lehmann J, Joseph S (2010) Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nat Commun 2010;1:56

Zimmer Y, de Witte T, Ellsiepen S, Röder N (2011a): Option 5 –Ausschreibungsverfahren, In: Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland – Bewertung der Wirkungen des EEG. Leipzig: DBFZ, abrufbar unter http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22003410.pdf, zitiert am 05.05.2012, S. 161-166

Zimmer Y, de Witte T, Ellsiepen S, Röder N (2011b): Option 3 –Wettbewerbsfähige $CO_{2äq}$-Vermeidungskosten, In: Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland – Bewertung der Wirkungen des EEG. Leipzig: DBFZ, abrufbar unter http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22003410.pdf, zitiert am 05.05.2012, S. 156-160

Anhang

Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft

Tabelle A1.1: Treibhausgasemissionen in Quellgruppe 4 Landwirtschaft im Jahr 1990 bis 2010 in Deutschland

	1990	1995	2000	2005	2010
	in Mio t CO_2-Äquivalenten				
4. Landwirtschaft	83,21	73,14	73,86	69,85	67,48
A. Fermentation (CH_4)	26,67	23,37	21,97	20,48	20,28
B. Düngerwirtschaft (CH_4)	6,32	5,83	5,73	5,62	5,57
B. Düngerwirtschaft (N_2O)	2,57	2,35	2,27	2,25	2,27
D. Landwirtschaftliche Böden (N_2O)	47,64	41,60	43,89	41,50	39,36
	Änderung in Prozent ggü. 1990				
4. Landwirtschaft		*-12%*	*-11%*	*-16%*	*-19%*
A. Fermentation (CH_4)		*-12%*	*-18%*	*-23%*	*-24%*
B. Düngerwirtschaft (CH_4)		*-8%*	*-9%*	*-11%*	*-12%*
B. Düngerwirtschaft (N_2O)		*-9%*	*-12%*	*-13%*	*-12%*
D. Landwirtschaftliche Böden (N_2O)		*-13%*	*-8%*	*-13%*	*-17%*

Quelle: UBA (2011).

Tabelle A1.2: Treibhausgasemissionen in Quellgruppe 4 Landwirtschaft im Jahr 2010 in Deutschland

	4.A. Verdauung	4.B. Wirtschaftsdüngermanagement		4.D. Böden	Summe
	CH_4	CH_4	N_2O	N_2O	
	in Mio. t. $CO_{2\text{-Äq.}}$				
Rinder	19,19	3,51	1,67		24,37
davon Milchkühe	*10,90*	*2,32*	*0,84*		*14,06*
davon andere Rinder	*8,29*	*1,19*	*0,84*		*10,32*
Schafe	0,35	0,01	0,02		0,38
Ziegen	0,02	0,00	0,00		0,02
Pferde	0,16	0,03	0,06		0,25
Schweine	0,55	1,93	0,46		2,95
Geflügel		0,09	0,05		0,14
davon Güllesysteme			*1,32*		*1,32*
davon Festmistsysteme			*0,95*		*0,95*
Direkte N_2O-Emissionen				24,76	24,76
davon aus Anwendung von Mineraldüngern				*9,13*	*9,13*
davon aus Anwendung von Wirtschaftsdüngern				*4,68*	*4,68*
davon aus Leguminosenanbau				*0,47*	*0,47*
davon aus Ernterückständen				*5,51*	*5,51*
davon aus bewirtschafteten organischen Böden				*4,79*	*4,79*
davon aus der Ausbringung von Klärschlämmen				*0,17*	*0,17*
Direkte N_2O-Emissionen beim Weidegang				1,33	1,33
Indirekte N_2O-Emissionen				13,27	13,27
davon als Folge von Depositionen von reaktivem N				*2,21*	*2,21*
davon als Folge von ausgewaschenem und abgeflossenem N				*11,05*	*11,05*
Summe	**20,28**	**5,57**	**2,27**	**39,36**	**67,48**

Quelle: Haenel et al. (2012), UBA (2011), UBA (2012).

Tabelle A1.3: Treibhausgasemissionen in Quellgruppe 5 (LULUCF) 1990 bis 2010 in Deutschland

	1990	1995	2000	2005	2010
	in Mio t CO_2-Äquivalenten				
5. LULUCF	-27,70	-27,20	-26,53	15,80	17,28
A. Wälder	-73,34	-73,62	-73,89	-26,47	-24,99
B. Ackerland	28,96	29,60	30,41	28,64	28,46
C. Grünland	11,56	11,48	11,39	9,11	9,05
D. Feuchtgebiete	2,25	2,42	2,64	2,44	2,16
E. Siedlungen	2,75	2,77	2,80	2,00	2,55
G. Andere	0,12	0,15	0,12	0,07	0,06
	Änderung in Prozent ggü. 1990				
5. LULUCF		2%	4%	157%	162%
A. Wälder		0%	-1%	64%	66%
B. Ackerland		2%	5%	-1%	-2%
C. Grünland		-1%	-1%	-21%	-22%
D. Feuchtgebiete		8%	17%	8%	-4%
E. Siedlungen		1%	2%	-27%	-7%
G. Andere		25%	3%	-40%	-50%

Quelle: UBA (2011).

Tabelle A1.4: Treibhausgasemissionen in Quellgruppe 5 (LULUCF) im Jahr 2010 in Deutschland

	unveränderte Nutzung	Nutzungs-änderung	sonstige [1)]	*darunter auf organischen Böden*	Summe
	in Mio. t CO_2-Äquivalenten				
A. Wald	-19,59	-5,47	0,07	*0,61*	-24,99
B. Ackerland	23,38	3,25	1,82	*25,10*	28,46
C. Grünland	10,71	-1,66		*11,20*	9,05
D. Feuchtgebiete	2,01	0,15		*2,01*	2,16
E. Siedlungen	2,02	0,53		*2,50*	2,55
G. sonstige			0,06		0,06
Summe	18,53	-3,19	1,95	*41,42*	17,28

Quelle: UBA (2011), UBA (2012).

Thünen Report

Bereits in dieser Reihe erschienene Hefte – *Volumes already published in this series*

1	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Ulrich Dämmgen, Eike Poddey, Annette Freibauer, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Beate Bauer und Bernhard Osterburg **Calculation of gaseous and particulate emissions from Germany agriculture 1990 - 2011** **Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2011**
2	Walter Dirksmeyer und Katrin Fluck **Wirtschaftliche Bedeutung des Gartenbausektors in Deutschland** **2. überarbeitete Auflage**
3	Heike Kuhnert, Gesine Behrens, Ulrich Hamm, Henriette Müller, Hiltrud Nieberg, Jürn Sanders und Renate Strohm **Ausstiege aus dem ökologischen Landbau: Umfang – Gründe – Handlungsoptionen**
4	Peter Mehl **Agrarstrukturelle Wirkungen der Hofabgabeklausel – Zielerreichung und mögliche Folgen einer Abschaffung dieser Leistungsvoraussetzung in der Alterssicherung der Landwirte**
5	Bernhard Forstner und Andreas Tietz **Kapitalbeteiligung nichtlandwirtschaftlicher und überregional ausgerichteter Investoren an landwirtschaftlichen Unternehmen in Deutschland**
6	Janina Krug **Perspektiven ackerbaulicher Grenzstandorte in Nordostdeutschland – Übertragbarkeit extensiver Produktionssysteme überseeischer Trockenstandorte**
7	M. Liesebach, B. Degen, H. Grotehusmann, A. Janßen, M. Konnert, H.-M. Rau, R. Schirmer, D. Schneck, V. Schneck, W. Steiner, H. Wolf **Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland**
8	Kurt-Jürgen Hülsbergen, Gerold Rahmann (Hrsg.) **Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben**
9	Holger Weimar und Dominik Jochem (Hrsg.) **Holzverwendung im Bauwesen – Eine Marktstudie im Rahmen der „Charta für Holz“**
10	Horst Gömann, Thomas de Witte, Günter Peter, Andreas Tietz **Auswirkungen der Biogaserzeugung auf die Landwirtschaft**
11	Bernhard Osterburg, Sebastian Rüter, Annette Freibauer, Thomas de Witte, Peter Elsasser, Stephanie Kätsch, Bettina Leischner, Hans Marten Paulsen, Joachim Rock, Norbert Röder, Jürn Sanders, Jörg Schweinle, Johanna Steuk, Heinz Stichnothe, Wolfgang Stümer, Johannes Welling, Anne Wolff **Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft**

THÜNEN

Thünen Report 11

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

www.ti.bund.de

ISBN 978-3-86576-097-5