

**Johannes Schuler, Andrea Bues, Martin Henseler,
Christine Krämer, Linda Krampe, Peter Kreins, Horst
Liebersbach, Bernhard Osterburg, Norbert Röder,
Götz Uckert**

Instrumente zur Stärkung von Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz im Bereich Landbewirtschaftung



Instrumente zur Stärkung von Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz im Bereich Landwirtschaft

**Johannes Schuler
Andrea Bues
Martin Henseler
Christine Krämer
Linda Krampe
Peter Kreins
Horst Liebersbach
Bernhard Osterburg
Norbert Röder
Götz Uckert**

Titelbild: Versuchsflächen der Forschungsstation Müncheberg (G. Uckert 2013)

Adresse(n) der Autorinnen / Autoren

Dr. Johannes Schuler	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung ZALF e.V.
Dr. Götz Uckert	Institut für Sozioökonomie
Andrea Bues	Eberswalder Straße 84
Linda Krampe	15374 Müncheberg
	jschuler@zalf.de

Dr. Norbert Röder	Johann Heinrich von Thünen-Institut
Dr. Horst Liebersbach	Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und
Fischerei	
Bernhard Osterburg	Bundesallee 50:
Martin Henseler	38116 Braunschweig
Peter Kreins	norbert.roeder@ti.bund.de

Dr. Christine Krämer	Projektbüro mareg markt+region
	Herrnberchtheim 178
	97258 Ippesheim
	kraemer@markt-region.de

Fachbetreuung im BfN:

Dr. Brigitte Schuster	Fachbereich II 3.1 „Agrar- und Waldbereich“
Andreas Kärcher	

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).

BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter <http://www.bfn.de> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber:	Bundesamt für Naturschutz
	Konstantinstr. 110
	53179 Bonn
	URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des institutionellen Herausgebers unzulässig und strafbar.

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN.

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-117-7

Bonn - Bad Godesberg 2014

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
1 Zusammenfassung.....	10
2 Hintergrund und Vorgehensweise	12
2.1 Hintergrund: Klima- und Naturschutz auf Ebene der Landwirtschaft	12
2.1.1 Klimawandel und Landwirtschaft	13
2.1.2 Naturschutz und Landwirtschaft	14
2.2 Projektaufbau und Analyserahmen	16
2.2.1 Analyserahmen und Datengrundlagen	16
2.2.2 Qualitative Analyse	17
2.2.3 Quantitative Analyse einzelner Politikmaßnahmen und –instrumente.....	18
2.2.4 Auswertung und Schlussfolgerungen	18
3 Politische Steuerungsinstrumente im Bereich Klima- und Naturschutz	19
3.1 Ökonomische Anreizinstrumente	22
3.1.1 Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) bis 2013	22
3.1.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	25
3.1.3 Exkurs zu alternativen Ansätzen: Emissionszertifikate, Stickstoff- und Kohlenstoffsteuer	27
3.2 Ordnungsrecht.....	28
3.3 Planungsinstrumente	29
3.4 Informationsvermittlung und Zertifizierung	30
3.5 Fazit: Vielfältige Einflussfaktoren auf die Landwirtschaft.....	31
4 Effiziente technische Maßnahmen zur Schaffung von Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz in der Landwirtschaft.....	33
4.1 Fragestellung und Zielsetzung	33
4.2 Vorgehensweise	33
4.2.1 Identifizierung von bestehenden Maßnahmen in der Landwirtschaft mit Klimaschutzbezug	33
4.2.2 Priorisierung und Auswahl der Maßnahmen	34
4.3 Ergebnisse / Auswahl technischer Maßnahmen.....	35
4.3.1 Anbau von NawaRo für Biogasanlagen	36
4.3.2 Förderung der Fruchtartenvielfalt durch a) Anbau mehrjähriger Kulturen (vor allem bei NawaRo für Biogas) b) Anbau von Zwischenfrüchten / Untersaat/ Mischkulturen	38
4.3.3 Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen	40
4.3.4 Erzeugung von Biodiesel auf landwirtschaftlichen Flächen.....	41
4.3.5 Erzeugung von Bioethanol aus landwirtschaftlichen Anbauprodukten	42
4.3.6 Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen	43
4.3.7 Anbau von schnellwachsenden Hölzern auf Ackerflächen (KUP)	45
4.3.8 Thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen	47
4.3.9 Management Wirtschaftsdünger: a) ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger b) Abdeckung Mist-/Gülle-/Gärrest- Lagerstätten	47
4.3.10 Emissionsarme, bodennahe, abdriftarme, präzise Ausbringungsverfahren	49
4.3.11 Umstellung auf den ökologischen Landbau (ÖLB)	50
4.3.12 a) Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs b) Verringerung der Futtermittelimporte	52
4.3.13 Humusanreicherung durch a) Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückstände, b) konservierende, reduzierte Bodenbearbeitung, c) Direkt-, Mulchsaat.....	53
4.3.14 Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta)	54
4.3.15 Erhalt von Dauergrünland	56
4.3.16 a) Extensivierung der Moornutzung b) Extensivierung der Grünlandnutzung	

	(auf moorigen- /anmoorigen- Standorten).....	58
	4.3.17 Moorrenaturierung / Wiedervernässung.....	60
	4.4 Diskussion und Fazit.....	62
5	Bewertung einzelner Politiksznarien mit RAUMIS	67
5.1	Einleitung.....	67
5.2	Material und Methode - das Modell RAUMIS	67
5.2.1	Integration von Bioenergielinien	68
5.2.2	Abbildung organischer Böden	69
5.2.3	Erweiterung des Bilanzierungsrahmens	71
5.2.4	Unterschiede und Übereinstimmung zum nationalen THG-Inventar	72
5.2.5	Bestimmung des Ertrages von Kurzumtriebsplantagen (KUP).....	72
5.2.6	Berechnung des Aufwuchses	73
5.2.7	Ermittlung der Kosten und Erlöse	75
5.3	Szenarien	75
5.4	Ergebnisse.....	77
5.4.1	Potential von Kurzumtriebsplantagen (KUP)	77
5.4.2	Effiziente Minderung von THG im deutschen Agrarsektor- Sektorale Auswirkungen.....	82
5.4.3	Effiziente Minderung von THG im deutschen Agrarsektor - Regionale Auswirkungen.....	85
5.5	Diskussion	91
6	Experteneinschätzung zur zukünftigen Entwicklung der Flächennutzung und der damit verbundenen Natur- und Klimaschutzleistungen – Ergebnisse einer Delphibefragung.....	94
6.1	Material und Methoden	94
6.1.1	Allgemeine Beschreibung der Delphi-Befragung	94
6.1.2	Anwendung der Methode im Rahmen von SYNAKLI	96
6.1.3	Beschreibung der Stichprobe	97
6.2	Ergebnisse.....	99
6.2.1	Aussagen zur zukünftige Flächennutzung sowie den entstehenden Wirkungen auf Natur- und Klimaschutz	100
6.2.2	Maßnahmen zur Realisierung von Natur- und Klimaschutzleistungen	103
6.2.3	Klimaschutzrelevanten Entwicklungen	110
6.3	Zusammenfassung	111
7	Synthese: Synergien zwischen Klima- und Naturschutz in der Landwirtschaft.	115
7.1	Empfehlungen zu Maßnahmen	115
7.2	Empfehlungen zur Ausgestaltung von politischen Steuerungsinstrumenten.....	119
7.2.1	GAP: 1. Säule	119
7.2.2	GAP: 2. Säule	123
7.2.3	Fachrecht	124
7.2.4	Erneuerbare-Energien-Gesetz und Kraftstoffe.....	125
7.2.5	Raumordnung	126
7.2.6	Andere Steuerungsinstrumente	127
7.3	Allgemeine Empfehlungen	127
8	Literaturverzeichnis	129
9	Anhang.....	160
9.1	Steckbriefe Maßnahmen (inklusive Kurzbewertungsdiagramm).....	160
9.1.1	Konfliktfeld: NawaRo-Anbau für Biogasanlagen (Intensivkulturen)	161
9.1.2	Alternative Verfahren: NawaRo-Anbau für Biogas	162
9.1.3	Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen	164
9.1.4	NawaRo-Anbau für die Produktion von Biodiesel (Kraftstoffe).....	165
9.1.5	Erzeugung von Bioethanol aus landwirtschaftlichen Anbauprodukten	166
9.1.6	Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen	167
9.1.7	Kurzumtriebsplantagen (KUP).....	168
9.1.8	Thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen.....	169
9.1.9	Management Wirtschaftsdünger: a) ausreichende Lagerkapazität für	

Wirtschaftsdünger b) Abdeckung Mist-/Gülle-/Gärrest- Lagerstätten	170
9.1.10 Emissionsarme, bodennahe, abdriftarme, präzise Ausbringungsverfahren ..	171
9.1.11 Umstellung auf Ökologischen Landbau.....	172
9.1.12 Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N- Düngerbedarfs	173
9.1.13 Humusanreicherung durch a) Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen und b) konservierende, reduzierte Bodenbearbeitung c) Direkt-, bzw. Mulchsaat	174
9.1.14 Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta)	175
9.1.15 Erhalt von Dauergrünland	176
9.1.16 Extensivierung der Grünlandnutzung (auf moorigen- /anmoorigen- Standorten); Extensivierung der Moornutzung inkl. Paludikulturen	177
9.1.17 Moorrenaturierung / Wiedervernässung	178
9.2 Literaturauswertung zu Kurzumtriebsplantagen	179
9.3 Bestimmung der Biomasseertragsfunktion für Robinien (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) auf Kurzumtriebsplantagen	182
9.4 Literaturangaben zu Robinien und Kurzumtriebsplantagen.....	184
9.5 Bestimmung der Ernte-, Transport- und Trocknungskosten sowie der Erlöse	185

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Beispielhafte Triebkräfte auf die Landwirtschaft (Kreise) und ausgewählte Funktionen der Landwirtschaft (Kästen)	12
Abb. 2:	Verteilung der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden in Deutschland.	70
Abb. 3:	Verteilung der Erlöse aus KUP in Abhängigkeit von der gewählten Flächenkulisse	78
Abb. 4:	Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) mit Eignung für KUP (in %) .	79
Abb. 5:	Zuwachs von KUP (in t(atro) ha ⁻¹ a ⁻¹)	80
Abb. 6:	Regionale Verteilung der Überschüsse von Kurzumtriebsplantagen (in € ha ⁻¹ a ⁻¹) (ohne Flächenkosten).....	81
Abb. 7:	Verteilung der Brachflächen im Szenario oBEP (%LF).....	86
Abb. 8:	Anteile der KUP an den landwirtschaftlich genutzten Flächen (LF) im Szenario KUP	87
Abb. 9:	Verteilung des Anteils der LF auf kohlenstoffreichen Böden, der im Szenario Moor in der landwirtschaftlichen Nutzung verbleibt	89
Abb. 10:	Verteilung des Anteils der LF auf kohlenstoffreichen Böden, der im Szenario Alle in der landwirtschaftlichen Nutzung verbleibt.....	90
Abb. 11:	Anteile der KUP an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) im Szenario Alle	91
Abb. 12:	Ablauf der Delphi-Befragung im Projekt Synakli	97
Abb. 13:	Arbeitsbereiche der Befragten	98
Abb. 14:	Mit welchem/n Themengebiet/en beschäftigen Sie sich hauptsächlich?	99
Abb. 15:	Erwartungen an die Entwicklung der Ackerflächennutzung und der davon ausgehenden Wirkungen auf Natur- und Umweltschutz	101
Abb. 16:	Erwartungen an die Entwicklung der Grünlandnutzung und der davon ausgehenden Wirkungen auf Natur- und Umweltschutz	102
Abb. 17:	Erwartungen an die Entwicklung der Bereitstellung naturschutzrelevanter Flächen und der davon ausgehenden Wirkungen auf Natur- und Umweltschutz.....	103
Abb. 18:	Gewünschte und erwartete Priorität der Maßnahmenumsetzung	105
Abb. 19:	Erwartete und erwünschte Entwicklung der Moorflächennutzung	106
Abb. 20:	Klimaschutzpotential und Zeitraum der Erschließbarkeit ausgewählter Moornutzungsvarianten	107
Abb. 21:	Bedeutung von Auswahlkriterien für Moorrenaturierungsprojekte	108
Abb. 22:	Gewünschte Quellen und Anteile der Förderung von Moorrestaurierungsmaßnahmen	109
Abb. 23:	Einschätzung der zukünftigen Entwicklung.....	110
Abb. 24:	Einschätzung zukünftiger Entwicklung	111
Abb. 25:	Überblick über die von den Experten erwarteten Entwicklungen der Flächennutzung.....	112
Abb. 26:	Beziehung zwischen dem Produkt aus Robinienenertrag und Umtriebszeit und dem Quotient aus der nutzbaren Feldkapazität (nFK) und der Jahresniederschlagsmenge.....	184

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Kategorisierung von privatem und öffentlichem Gut in der Landwirtschaft.....	19
Tab. 2:	Kriterien für die Auswahl eines Instruments (basierend auf PERMAN 2003)	21
Tab. 3:	Vergütungsbestandteile der EEG-Novellen 2004-2012	26
Tab. 4:	Ausgewählte technische Maßnahmen	35
Tab. 5:	Spanne der NH ₃ - Emissionsminderung (%) verschiedener Abdeckungen für Flüssigmistbehälter	48
Tab. 6:	Emissionsarme Ausbringungsverfahren für organische Dünger	49
Tab. 7:	Vergleich der Maßnahmen: Dauerhaftigkeit der Emissionsreduktion, Auftreten von direkten und indirekte Effekten infolge der Flächenbeanspruchung.	64
Tab. 8:	Treibhausgasemission je Flächeneinheit in Abhängigkeit vom Moortyp und Nutzungskategorie (in t CO _{2-Äq} ha ⁻¹)	69
Tab. 9:	Gutschriften für die betrachteten Bioenergieträger	71
Tab. 10:	Übersicht über die für die Regionalisierung verwendeten Daten.....	73
Tab. 11:	Tabellarische Übersicht über die verwendeten Ertragsfunktionen in Abhängigkeit von Bodentyp und nutzbarer Feldkapazität	74
Tab. 12:	Prozentuale Preisänderung im Vergleich zur Thünen-Baseline	76
Tab. 13:	Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft in Mio. t CO _{2-Äq} (in Abhängigkeit vom gewählten Szenario).....	83
Tab. 14:	Landwirtschaftliche Landnutzung (in Abhängigkeit vom gewählten Szenario)	84
Tab. 15:	Treibhausgaseminderung durch KUP und der resultierende Flächenanspruch in Abhängigkeit von der Höhe der Gutschrift je t CO _{2-Äq}	88
Tab. 16:	Teilnahme an den Befragungsrunden	98
Tab. 17:	Exemplarische Veränderung des Variationskoeffizienten von der Befragungsrunde 1 zur Befragungsrunde 2.....	100
Tab. 18:	Maßnahme mit größten Synergien zwischen Klima- und Naturschutz; Experteneinschätzung; N = 45 (freie Antwort)	104
Tab. 19:	Mit welchen politischen Instrumenten sollen Maßnahmen der Moorrestaurierung prioritär umgesetzt werden? N=23	108
Tab. 20:	Vorschläge zur Gestaltung ökonomischer Anreizmechanismen, N=13.....	109
Tab. 21:	Antworten zu: „Welche Faktoren hemmen die Umsetzung von Maßnahmen der Moorrestaurierung?	110
Tab. 22:	Bedeutende Maßnahmen mit Synergien (grün), mit Konflikten (gelb), konfliktmindernde bzw. naturschutzneutrale Maßnahmen (blau).	116
Tab. 23:	Mögliche Steuerungsinstrumente einzelner Maßnahmen zur Verbesserung der Synergien zwischen Klima- und Naturschutz.....	120
Tab. 24:	Robinienwachstumsfaktoren Zusammenhang zwischen: Ertrag, Umtriebszeit, nutzbarer Feldkapazität (nFK), Jahresniederschlag und Jahresdurchschnittstemperatur	183
Tab. 25:	Kosten für die Ernte von Kurzumtriebsplantagen in Abhängigkeit von der eingesetzten Technik	186
Tab. 26:	Für die Kalkulation angenommene Kosten für Hackschnitzeltransport und Trocknung sowie Erlöse (gemäß CARMEN 2013).....	187

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
AUM	Agrarumweltmaßnahmen
AWS	Anweklsilage
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMU	Bundesumweltministerium
BnatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BtL	Biomass to Liquid
CC	Cross Compliance
CCM	Corn-Cob-Mix
CDB	Convention on Biological Diversity
CO ₂ Äq	CO ₂ -Äquivalent
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DLM	Deutsches Landschaftsmodell
DüMV	Düngemittelverordnung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
ELER	Entwicklung des Ländlichen Raums
EVK	Einsatzstoffvergütungsklassen
FFH	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
FoPIA	Framework of Participatory Impact Assessment
GAK	Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GfP	Gute fachliche Praxis
GIS	Geoinformationssystem
GLÖZ	Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand
GVE	Großvieheinheit
Abk.	Ausgeschriebene Bezeichnung der Abkürzung
HTC	Hydrothermale Carbonisierung
ILUC	Indirekte Landnutzungsänderungen
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
ISCC	International Sustainability and Carbon Certification
KUP	Kurzumtriebsplantagen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LEADER	Liaison entre actions de développement de l'économie rurale
LF	Landwirtschaftsfläche
LW	Landwirtschaft

MAP	Marktanreizprogramm
MINAS	Mineral Accounting System
NABU	Naturschutzbund Deutschland e. V.
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NCO	Non-Commodity Output
NEL	Netto-Energie-Laktation
NREAP	National Renewable Energy Action Plan
NRW	Nordrhein-Westfalen
oBEP	ohne Bioenergiepolitik
ÖLB	Ökologischer Landbau
oTS	Organische Trockensubstanz
PAG	Projektbegleitende Arbeitsgruppe
PMP	Positiv mathematischer Programmierungsansatz
RAUMIS	Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem
REDCert	Renewable Energy Directive Certification System
RGV	Raufutter verzehrende Großvieheinheit
THG	Treibhausgas
TOC	Total Organic Carbon
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WTO	World Trade Organization

1 Zusammenfassung

Sowohl im Bereich des Naturschutzes als auch im Bereich des Klimaschutzes versucht die Politik, durch die Anwendung fiskal- und ordnungspolitischer Instrumente das Verhalten der Akteure in der Landwirtschaft zu beeinflussen. Negative Umwelteffekte in den jeweiligen Politikbereichen sollen damit eingedämmt, positive Effekte gefördert werden. Gerade im Bereich des Klimaschutzes wird dabei eine Vielzahl von Maßnahmen gefördert, die nicht immer gleichzeitig einen positiven Einfluss auf den Naturschutz haben. Im Rahmen des hier vorgestellten Projekts wurden die aktuellen Wirkungen politischer Anreiz- und Steuerungsinstrumente sowie der dabei zur Umsetzung kommenden technischen Maßnahmen hinsichtlich des Klima- und Naturschutzes analysiert und bewertet. Auf diese Weise sollen Synergien zwischen Instrumenten des Klima- und des Naturschutzes aufgezeigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Klimaschutzmaßnahmen und ihren Wirkungen auf den Naturschutz.

Basierend auf einer Literaturanalyse, einer agrarökonomischen Modellierung mit dem Sektormodell RAUMIS sowie einer Expertenbefragung wurden Empfehlungen zu einzelnen technischen Maßnahmen und politischen Instrumenten herausgearbeitet. Unterstützt wurde die Arbeit von einer projektbegleitenden Expertengruppe, die das Projekt hinsichtlich der Vorgehensweise und der Empfehlungen beriet.

Allgemein lässt sich feststellen, dass die parallele Realisierung der energiepolitischen Ausbauziele - abgeleitet aus den Klimaschutzziele - über die verschiedenen Nutzungsformen von Biomasse (Strom, Wärme und Treibstoff) insgesamt zu hohen und national nur schwer erfüllbaren Flächenansprüchen führt. Der durch die konkurrierende Nachfrage nach Nahrungsmitteln, Futtermitteln und nachwachsenden Rohstoffen, aber auch durch Versiegelung immer knapper werdenden Landnutzungsfläche steht weiterhin die Forderung nach Umwelt- und Naturschutzleistungen gegenüber. Hauptkriterien bei der Empfehlung von Maßnahmen sind deshalb das flächenbezogene Treibhausgas-(THG)-Vermeidungspotenzial (pro ha) sowie die effizienzbezogenen THG-Vermeidungskosten je t $\text{CO}_2\text{Äq}$.

Die quantitative Bewertung einzelner Politiksznarien mit RAUMIS zeigt deutlich, dass zur Erreichung der Klimaschutzziele ein bedeutender Flächenbedarf besteht, wenn diese mit landnutzungsrelevanten Maßnahmen erreicht werden sollen. Dieser Flächenbedarf lässt sich am ehesten begrenzen, wenn Maßnahmen mit einem hohen THG-Vermeidungspotenzial je ha zur Anwendung kommen. In den berechneten Szenarien waren dies Kurzumtriebsplantagen (KUP) und die Restaurierung von kohlenstoffreichen Böden (Moorböden). Energiemais zur Biogasgewinnung eignet sich weniger, da hier sowohl das Treibhausgas-(THG)-Vermeidungspotenzial pro ha geringer als auch die THG-Vermeidungskosten je t $\text{CO}_2\text{Äq}$ höher sind als bei anderen Maßnahmen. Sollen die THG-Emissionen der Landwirtschaft um ungefähr 20% reduziert werden, so verursacht der gegenwärtige Politikrahmen, der sich auf die Erzeugung von Biotreibstoffen und Biogas konzentriert, die volkswirtschaftlich höchsten Kosten. Am kostengünstigen wäre die großflächige Wiedervernässung organischer Böden, begleitet durch einem begrenzten Anbau von KUP.

Im Rahmen der Expertenbefragung wurden die Maßnahmen Renaturierung von Moorflächen, Effizienzsteigerung, Produktion nach Kriterien des ökologischen Landbaus und Biogaserzeugung auf Basis von Reststoffen inkl. Landschaftspflegematerial als geeignet genannt, um Klima- und Naturschutz gemeinsam zu verwirklichen.

Insgesamt gelten für die Erreichung von Synergien zwischen Klima- und Naturschutz in der Landbewirtschaftung die folgenden Grundsätze:

Die Verknüpfung von effektiven Natur- und Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft auf Basis der Kriterien Treibhausgas-(THG)-Vermeidungspotenzial pro ha und die THG-Vermeidungskosten je t CO_{2Äq} verringert von vornherein die Notwendigkeit einer weiteren Abwägung dieser Ziele. Eine Förderung des Moorschutzes sowohl auf Grundlage des Natur- als auch des Klimaschutzes ist dabei eine Möglichkeit, vermehrt finanzielle Mittel für die Umsetzung aufzubringen. Fördermöglichkeiten bestehen dabei über Programme zur ländlichen (ELER) bzw. Regionalentwicklung (EFRE), über Klimaschutzfonds, die aus dem gesetzlichen Emissionszertifikatehandel finanziert werden können, Projekte für den freiwilligen Markt für THG-Vermeidungszertifikate oder über Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Ordnungsrechtlich ließe sich der weitere Umbruch von Grünlandflächen eindämmen, wie dies in einigen Bundesländern (BW, SH, MV) bereits umgesetzt wurde.

Klimaschutz lässt sich mit niedrigen THG-Vermeidungskosten auch ohne die Nutzung großer Anbauflächen realisieren. Eine Erhöhung der Stickstoffeffizienz bei der Düngung durch Vermeidung von Emissionen bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern führt zu positiven Klima- und Naturschutzwirkungen. Als Instrument zur Förderung der Effizienz kann sich auch eine Stickstoff-Steuer eignen, die Anreize schafft, Dünger effizienter einzusetzen.

Beim Einsatz von landwirtschaftlichen Reststoffen in der Biogaserzeugung wird immer noch nicht das gegebene Potential ausgenutzt. Ein echter Anreiz zur Verwendung dieser Stoffe (auch von Landschaftspflegematerial) bei gleichzeitig niedrigerer Vergütung von NawaRo vom Acker könnte einen positiven Beitrag leisten.

2 Hintergrund und Vorgehensweise

Die Wirkungen der Landbewirtschaftung auf Natur- und Klimaschutzaspekte sind vielfältig und teils konträr. Sowohl im Bereich des Naturschutzes als auch im Bereich des Klimaschutzes versucht die Politik, die bestehenden Probleme durch die Anwendung fiskal- und ordnungspolitischer Instrumente zu mildern oder zu beheben. Eine Abstimmung der Instrumente des Klima- und Naturschutzes findet dabei bisher nur eingeschränkt statt.

Im Rahmen des Vorhabens wurden die aktuellen Wirkungen politischer Anreiz- und Steuerungsinstrumente hinsichtlich des Klima- und Naturschutzes analysiert und bewertet. Der Hauptfokus der Bearbeitung lag dabei auf Instrumenten, die zunächst auf den Klimaschutz ausgerichtet sind. Diese Instrumente wurden auf ihren Beitrag zu einer naturverträglichen Landbewirtschaftung überprüft. Dabei wurden neben aktuell eingesetzten politischen Instrumenten und technischen Maßnahmen auch Ansätze berücksichtigt, die aktuell keine Anwendung finden. Abschließend wurden Empfehlungen zur Ausgestaltung des politischen Instrumentariums formuliert, die eine verbesserte Abstimmung einzelner Sektorpolitiken im Hinblick auf die Realisierung von Klima- und Naturschutzziele ermöglichen.

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick zur Situation des Klima- und Naturschutzes in der Landwirtschaft gegeben und daran anschließend die Vorgehensweise im Projekt dargestellt.

2.1 Hintergrund: Klima- und Naturschutz auf Ebene der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft erfüllt neben der Nahrungsmittelproduktion eine Vielzahl weiterer Leistungen. Darunter fallen Klima- und Naturschutzleistungen, welche den Forschungsgegenstand dieses Vorhabens bilden. Gleichzeitig wirkt eine Vielzahl von gesellschaftlichen, politischen und naturräumlichen Rahmenbedingungen auf die Möglichkeiten der Landwirtschaft ein, Klima- und Naturschutzleistungen zu erbringen (siehe Abb. 1), indem sie diese entweder fördernd unterstützen oder einschränken. Dies führt in der gegenwärtigen Situation dazu, dass von der Landwirtschaft teilweise negative Effekte auf Klima- und Naturschutz ausgehen (WBGU 2008). Diese „Triebkräfte“ werden hier definiert als wesentliche Einflussfaktoren, die die Landwirtschaft in positiver oder negativer Weise beeinflussen, ihre Klima- und Naturschutzpotentiale auszuschöpfen und diese wenn möglich in Synergie bereitzustellen.

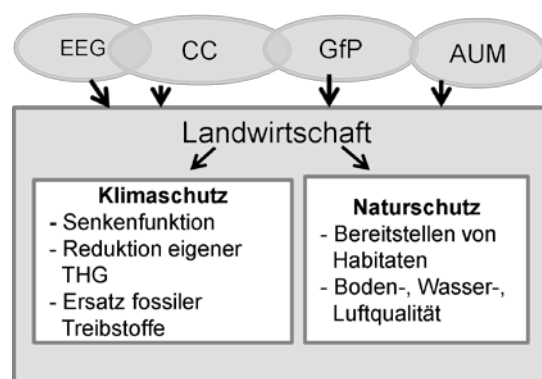


Abb. 1: Beispielhafte Triebkräfte auf die Landwirtschaft (Kreise) und ausgewählte Funktionen der Landwirtschaft (Kästen)

Quelle: eigene Darstellung

Die auf die Landwirtschaft wirkenden Einflussfaktoren sind vielfältig. Zum einen bilden politische Regelwerke wie das landwirtschaftliche Fachrecht, die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) und das im Jahre 2000 eingeführte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) Anreize sowie Regelungen für Klima- und Naturschutzleistungen der Landwirtschaft. Über die

politischen Rahmenbedingungen hinaus sind die Produktionsentscheidungen des landwirtschaftlichen Betriebes u.a. geprägt von den Marktpreisen für landwirtschaftliche Produkte, naturräumlichen und gesellschaftlichen Entwicklungen sowie der Persönlichkeits- und Motivationsstruktur der Betriebsleiter (GANZERT et al. 2008). Des Weiteren wächst die Konkurrenz um die Ressource Boden (BUNDESREGIERUNG 2012). So nimmt die landwirtschaftliche Fläche in Deutschland vor allem durch den fortschreitenden Siedlungsbau und Ausbau der Verkehrswege stetig ab. In diesem Aktionsrahmen werden von der Landwirtschaft zusätzlich zur Produktion von Nahrungsmitteln weitere Leistungen im Bereich Klima- und Naturschutz erwartet.

2.1.1 Klimawandel und Landwirtschaft

In Deutschland ist die Landwirtschaft nach der Energieerzeugung (83%) mit 7,7% zweitgrößter Verursacher von Treibhausgasen (THG), fast gleich auf mit den Emissionen aus industriellen Prozessen wie z.B. der Zementherstellung mit 7,6% (UBA 2013a). Neben CO₂ (Kohlenstoffdioxid) sind insbesondere N₂O (Lachgas) und CH₄ (Methan) als landwirtschaftsbedingte Treibhausgase zu nennen. Aus der landwirtschaftlichen Produktion stammen 50% bzw. 65% der gesamten deutschen CH₄ bzw. N₂O Emissionen (ibid). Berechnungen zufolge wird durchschnittlich 1% des ausgebrachten Stickstoffs und der aus der Umsetzung von Ernterückständen stammenden N-Menge direkt als Lachgas emittiert (IPCC 2006). Hinzu kommen indirekte Emissionen aus N-Verlusten in die Luft und die Gewässer, die aus nicht im Pflanzenbau verwerteten N-Überschüssen entstehen. Weiterhin entsteht N₂O bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern. CH₄ entsteht v.a. in der Tierhaltung durch enterische Fermentation (insbesondere Rinderhaltung) und sowie bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern (UBA 2013a).

Als wesentlicher Emittent von klimarelevanten Gasen steht auch die Landwirtschaft in der Diskussion um THG-Reduktionspotentiale. Dabei kommt ihr eine besondere Rolle zu, da sie im Gegensatz zu den meisten anderen Wirtschaftszweigen auf drei Arten zum Klimaschutz beitragen kann (Smith et al. 2008):

- **Ersatz fossiler Energieträger:** Die Bereitstellung von Energie durch den gezielten Anbau von Biomasse und die Verwendung von Reststoffen aus der landwirtschaftlichen Produktion kann als Alternative zu fossilen Energieträgern dienen.
- **Nutzung der Senkenfunktion:** Agrarökosysteme binden bedeutende Reserven an Kohlenstoff (C), vor allem in der organischen Bodensubstanz und der Biomasse selbst. Die Erhöhung des Gehaltes an organischer Bodensubstanz sowie der Anbau mehrjähriger Kulturen sind hierbei Maßnahmen, CO₂ aus der Atmosphäre zu entziehen und zu binden.
- **Reduktion des landwirtschaftlichen THG-Ausstoßes:** Durch angepasste Bewirtschaftungspraktiken können die direkten landwirtschaftlichen Emissionen von CO₂, CH₄ und N₂O gesenkt werden. Ein Beispiel sind Düngungspraktiken, die Stickstoff (N) den Pflanzen effizienter zur Verfügung stellen und daher N₂O Emissionen senken können.

In der politischen Diskussion sowie in der Gestaltung entsprechender politischer Instrumente spielt auf deutscher (HIRSCHFELD et al. 2008) und europäischer (SMITH et al. 2005) Ebene derzeit in erster Linie der Ersatz fossiler Energieträger als Klimaschutzmaßnahme eine dominierende Rolle. Gerade der gezielte Anbau von Bioenergiepflanzen wird jedoch häufig kritisiert, v.a. in Bezug auf die THG-Bilanz, die Auswirkungen auf Lebensmittelpreise und die Effekte des Anbaus auf die Umwelt. Welche Instrumente und Maßnahmen im Bereich der

Landwirtschaft Synergien mit Naturschutzziele aufweisen können, ist Gegenstand dieses Projekts.

2.1.2 Naturschutz und Landwirtschaft

Das Bundesnaturschutzgesetz definiert „Naturschutz“ als die dauerhafte Sicherung der biologischen Vielfalt, der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie die dauerhafte Sicherung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit und des Erholungswertes von Natur und Landschaft (BNatSchG, Kap. 1, § 1, Abs. 1). Schutzgüter im Sinne des Naturschutzes umfassen abiotische, biotische und ästhetische Güter: Zu den abiotischen Schutzgütern zählen die Wasser-, Boden- und Luftqualität, zu den biotischen Gütern gehören Flora und Fauna. Das Landschaftsbild wird als ästhetisches Schutzgut bezeichnet.

Das Verhältnis zwischen Naturschutz und Landwirtschaft ist seit jeher von vielfältigen Wechselwirkungen geprägt, insbesondere da über 50% der Fläche in Deutschland landwirtschaftlich genutzt wird (KRUG UND BECKER 2011). Durch die Art und Intensität der Bewirtschaftungsmethode wirkt die Landwirtschaft auf die Schutzgüter ein. So hängen 55 von 231 Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie sowie viele der in Anhang II dieser Richtlinie gelisteten Tierarten von einer extensiven landwirtschaftlichen Nutzung ab (Auswertung in SCHUSTER 2011). Die Landwirtschaft profitiert vom Naturschutz in der Hinsicht, dass dieser mit wichtigen für die landwirtschaftliche Produktion auf Dauer unumgänglichen Ökosystemleistungen verknüpft ist. Darunter fallen Biodiversität, Bodenstruktur, -funktion und -fruchtbarkeit, Bestäubung von Kulturpflanzen, Erosions- und Hochwasserschutz, ein ausgewogener Nährstoffkreislauf und Nährstoffverfügbarkeit, ein ausgeglichener Wasserhaushalt und ein natürliches Schädlingsregulationspotenzial (KRUG UND BECKER 2011).

Auf der anderen Seite haben vor allem die von einer Intensivierung geprägte Landwirtschaft sowie der landwirtschaftlich getriebene Landnutzungswandel maßgeblichen Anteil an der Degradation von Habitaten, dem Rückgang an Arten und der Verschlechterung des Zustandes der natürlichen Umwelt. Vielfältige Konflikte prägen die Beziehung zwischen Biodiversität und Landwirtschaft (HENLE et al. 2008). So ist bspw. zwischen 1990 und 2012 die Grünlandfläche um fast 18% (knapp 1 Mio. ha) zurückgegangen (DESTATIS versch. Jahrgänge), und die Artenvielfalt im Agrarland stagniert bei 66% ihres Zielwertes mit einem statistisch signifikant fallenden Trend (BFN 2010b). Die folgenden Faktoren sind für die nachteiligen Auswirkungen der Landwirtschaft auf die biologische Vielfalt maßgeblich (BMU 2007, S. 17f.):

- Intensive Flächennutzung der Landwirtschaft¹ (u.a. durch Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen, Entwässerung von Feuchtwiesen und Mooren, Grünlandumbruch)
- Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung von ökologisch wertvollen Grenzertragsstandorten wie z.B. Bergwiesen oder Magerrasen
- Schad- und Nährstoffeintrag

Bestehende nationale und internationale Regelwerke zum Schutz der Biodiversität thematisieren die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Produktion auf die Biodiversität (**Convention on Biological Diversity** (UN 1992)), **EU-Biodiversitätsstrategie** (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2011a). Auf deutscher Ebene formuliert die **Nationale Strategie**

¹ Die Aufhebung der Flächenstilllegung ab 2008 wirkte als zusätzlicher Intensivierungstreiber

zur Biologischen Vielfalt (BMU 2007), die die CDB und die EU-Biodiversitätsstrategie auf nationaler Ebene umsetzt, die folgenden Ziele:

- Erhöhung der Biodiversität in Agrarökosystemen (bis 2020).
- Sicherung der Populationen der Mehrzahl der Arten in agrarisch genutzten Kulturlandschaften (bis 2015)
- Zunahme des Anteils naturschutzfachlich wertvoller Agrarbiotope um mindestens 10% gegenüber 2005 (bis 2015) und Anteil naturnaher Landschaftselemente um mindestens 5% (bis 2010).
- Sicherung gefährdeter Kulturpflanzensorten sowie Nutztierassen.

Flächenkonkurrenz und Ernährungsgewohnheiten

Im Folgenden sollen kurz zwei weitere Einflussfaktoren angesprochen werden, die infolge von Flächenkonkurrenz und Änderung von Ernährungsgewohnheiten auf die Landbewirtschaftung wirken. Als indirekt wirkende Aspekte innerhalb des sogenannten Megatrends „demographischer Wandel“ bestimmen sie den allgemeinen Rahmen von Synergien.

Ein zentraler Ansatzpunkt für eine nachhaltige Landbewirtschaftung ist die Eindämmung der Flächeninanspruchnahme. Wie bereits in Kap. 2.1 erwähnt, findet die derzeitige Ausdehnung der Flächeninanspruchnahme vor allem auf Kosten der landwirtschaftlichen Fläche statt, wodurch der Druck ansteigt, die landwirtschaftliche Produktion zu intensivieren. Während 2010 bundesweit noch 77 ha Fläche täglich neu in Anspruch genommen wurden (BBSR 2012) – was einem Verlust von 0,3 Mio. Hektar innerhalb von 10 Jahren entspricht - wird geschätzt, dass die tägliche Neuinanspruchnahme bis 2030 auf rund 50 ha zurückgeht (ebd.). Somit würde das Nachhaltigkeitsziel der Bundesregierung, bis 2020 die zusätzliche Flächeninanspruchnahme auf täglich 30 ha zu reduzieren (BUNDESREGIERUNG 2012) nicht erreicht werden.

Trotz vielfältiger Thematisierung der Problematik, dass das Nachhaltigkeitsziel der Bundesregierung auch in Zukunft weiterhin verfehlt wird (BBSR 2012, LABO 2010, KBU 2009, BESECKE et al. 2006), „kann man nicht von einer breiten politischen Anerkennung der Notwendigkeit einer strikten Reduktionspolitik sprechen“ (RINK UND BANZHAF 2011: 459). Dies kann u.a. auf eine räumliche Divergenz zwischen Problembewusstsein und letztendlicher Flächennutzungsentscheidung zurückgeführt werden: Der Flächenspardiskurs findet vor allem auf landes- und bundespolitischer Ebene statt, die Entscheidungen zur Flächennutzung werden jedoch meist auf kommunaler und regionaler Ebene getroffen (ebd.). Immerhin hat das Problembewusstsein für das Thema Flächeninanspruchnahme deutlich zugenommen.

Im landwirtschaftlichen Bereich werden ca. 40% der Ackerfläche mit Futterpflanzen (Feldfutter und Futtergetreide) bestellt, die sich auch für die Biogasproduktion eignen (DESTATIS verschied. Jahrgänge). Ein Anteil dieser Fläche kann der geförderten Produktion von nachwachsenden Rohstoffen zugeordnet werden. So entsteht weitere Konkurrenz um knappe Anbauflächen. Die Verknappung der Anbauflächen und somit des Angebots an landwirtschaftlichen Produkten im Inland wird zum Teil durch vermehrte Futterimporte aus dem Ausland kompensiert (KOERBER et al. 2008). Kommt es aufgrund der Produktionsverlagerung zu einer Änderung der Landnutzung (z.B. Umwandlung von Grünland zu Ackerland) so spricht man von „Indirect land use change“ (ILUC). Die Effekte auf die landwirtschaftlichen Strukturen in den Exportländern (Ausdehnung der Ackerflächen in sensible Gebiete, Rodung von Regenwald für z.B. Ölpalmenplantagen) sind dabei aus ökologischer und politischer Sicht umstritten, da die eingesparten THG-Emissionen an

anderer Stelle durch hohe Emissionen mehr als kompensiert werden können (BRINGEZU et al. 2012).

Der Lösungsvorschlag, durch veränderte Ernährungsgewohnheiten (weniger Fleisch, mehr pflanzliche Proteine) „Fläche zu sparen“, kann den landwirtschaftlichen THG-Ausstoß zwar senken (STEHFEST et al. 2009) und mehr Fläche für andere Nutzungsarten freimachen, ist aber zurzeit noch schwer zu verwirklichen. Bei einer rein nationalen Umsetzung mit gleich bleibenden Produktionsstrukturen könnte dies sogar zu vermehrten Fleischexporten führen.

2.2 Projektaufbau und Analyserahmen

Um Vorschläge zur Verbesserung der Leistungen zum Klima- und Naturschutzes im Bereich der Landwirtschaft zu generieren, wurden in diesem Projekt die Wirkungen der landwirtschaftlichen Produktionsmethoden als auch die Wirkungen politischer Instrumente auf Klima- und Naturschutzleistungen der Landwirtschaft analysiert und bewertet. Des Weiteren galt es, Anknüpfungspunkte für politische Instrumente zur besseren Abstimmung des Natur- und Klimaschutzes zu finden, um Synergien besser nutzen zu können. Im Folgenden wird der Forschungsrahmen in diesem Projekt beschrieben.

2.2.1 Analyserahmen und Datengrundlagen

Im Rahmen des Vorhabens wurden zum einen die bestehenden Politikinstrumente und einschlägige technische Maßnahmen aus der landwirtschaftlichen Produktionspraxis analysiert, die über die Flächennutzung Auswirkungen auf Natur- und Klimaschutz haben. Hierfür wurden in der Konzeptionsphase bestehende Anreiz- und Steuerungsinstrumente (siehe Kap. 3) sowie eine Auswahl an technischen Maßnahmen zusammengestellt und systematisiert (siehe Kap. 4). Neuere, bisher nicht genutzte Ansätze zur Weiterentwicklung dieses Politikinstrumentariums wurden in den Analyserahmen integriert, mit dessen Hilfe die Maßnahmen und Instrumente bewertet werden können.

2.2.1.1 Entwicklung eines Analyserahmens

Auf der Basis einer Literaturrecherche und Experteninterviews wurde eine Zusammenstellung möglicher Maßnahmen und Instrumente erarbeitet. Dabei wurde zwischen technischen Maßnahmen (z.B. Grünlandschutz, N-Effizienz usw.) und politischen Instrumenten, mit denen erwünschte Maßnahmen gefördert werden können (Anreiz-, ordnungsrechtliche, Planungs- und anderweitige Steuerungsinstrumente), unterschieden. Die aktuelle Ausgestaltung der GAP und der Agrarumweltpolitiken der Länder wurde dabei ebenso betrachtet wie die Entwicklungsmöglichkeiten dieser Instrumente.

Der Analyserahmen stellt die technischen Maßnahmen, ihre Natur- und Klimaschutzpotentiale sowie die politischen Instrumente in Relation zueinander.

Der Analyserahmen umfasst zwei Teile:

a) Technische Maßnahmen (Bestand, Zusammenführung, Ergänzung aus Literaturrecherche)

Hier erfolgte eine Bewertung hinsichtlich der:

- Flächenpotentiale
- Auswirkung auf Naturschutz
- Auswirkung auf Klimaschutz
- Kombinierbarkeit mit bzw. Ausschluss von anderen Maßnahmen im selben Kontext
- Kosten der Umsetzung.

b) Politische Instrumente

Diese wurden nach folgenden Kriterien bewertet:

- Kombinierbarkeit mit technischen Maßnahmen
- Kompatibilität mit dem spezifischen zivilrechtlichen und förderrechtlichen Hintergrund
- Öffentliche Kosten (z.B. Prämien im Fall von Agrarumweltmaßnahmen, Einschätzungen des administrativen Aufwandes)
- Akzeptanz bei den betroffenen Akteuren.

Durch die Kombination von sozial-empirischen Methoden (Delphi-Befragung, Expertenworkshops), einem agrarökonomischen Modellierungsansatz (RAUMIS-Modellierung) und ergänzenden Datenanalysen wurden die Wirkungen einzelner Politikmaßnahmen und politischer Instrumente auf Klimaschutz, Naturschutz und Produktivität charakterisiert (Synergien, Konflikte) sowie die Vor- und Nachteile der politischen Instrumente bezüglich der Umsetzung erwünschter Maßnahmen beschrieben.

2.2.2 Qualitative Analyse

Mit Hilfe sozialempirischer Forschungsmethoden wurden die Projektkonzeption sowie die Ergebnisse mit Experten diskutiert und bewertet. Hierfür wurden zum einen Expertenworkshops und zum anderen eine Delphi-Befragung durchgeführt. Deren Methodik und die Ergebnisse werden detailliert in Kap. 6 beschrieben. Im Folgenden werden die Expertenworkshops und die Delphi-Methode nur knapp beschrieben.

2.2.2.1 Expertenworkshops

Die im Rahmen von BfN-Projekten übliche Institution einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) wurde zweimal als Expertenworkshops durchgeführt. Diese Workshops wurden besetzt mit Vertretern der verschiedenen Interessens- und Fachgruppen (Wissenschaft, Verbände, Politik) sowie Vertretern des BfN und des BMU.

Im ersten Workshop stand dabei die Diskussion der Ergebnisse aus der Konzeptionsphase sowie Anpassungen an aktuelle Entwicklungen im Zentrum. Hauptgegenstand im zweiten Workshop war eine zielgerichtete Diskussion von im Projekt erarbeiteten und abgestimmten Maßnahmenbündeln, die eine weitgehende Synergie von Klima- und Naturschutzmaßnahmen erlauben. Methodisch wurde dabei in Anlehnung an das „Framework of Participatory Impact Assessment“ (FoPIA) vorgegangen, welches in einer Reihe von Projekten bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Landnutzungspolitiken verwendet wurde (KÖNIG et al. 2010).

Die Diskussionen innerhalb der Workshops dienten aber auch der Reflexion der Forschungsfragen und deren Interpretation sowie der Überprüfung bestehender und der Generierung neuer Fragestellungen.

2.2.2.2 Delphi-Befragung

Der qualitative Analyseteil des Projektes wurde erweitert durch eine Delphi-Befragung. Die Delphi-Befragung diente einer Abschätzung zukünftiger Entwicklungen, die aus Sicht des Klima- und Naturschutzes relevant sein werden. Ziel war es, neben der Ableitung einer Annahme zukünftiger Entwicklungen auch deren Wirkungen auf Natur- und Klimaschutz zu erheben. Des Weiteren wurde ein Schwerpunkt der Befragung auf die Bedeutung und Umsetzungsmöglichkeiten von Maßnahmen gelegt, die hohe Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz erwarten lassen. Die Delphi-Befragung erfolgt als Online-gestützte Befragung unter in Deutschland tätigen Experten des Natur- und Klimaschutzes auf landwirtschaftlicher Ebene.

2.2.3 Quantitative Analyse einzelner Politikmaßnahmen und –instrumente

Im Rahmen einer quantitativen Datenanalyse wurden die Wirkungen einzelner Politikinstrumente auf Natur- und Klimaschutz abgeschätzt. Hierfür wurden Daten der Agrarstatistik und GIS-Daten und – soweit verfügbar – InVeKoS-Daten ausgewertet. Die Ergebnisse stellen die Flächenwirksamkeit einzelner Maßnahmen dar und liefern zusammen mit den landbaulichen Analysen die Grundlage für die Bewertung ihrer klima- und naturschutzfachlichen Effizienz. Die Methodik und die Ergebnisse werden detailliert in Kap. 5 dargestellt.

2.2.4 Auswertung und Schlussfolgerungen

Abschließend wurden Schlussfolgerungen hinsichtlich der Wirkungen politischer Instrumente unter Klima- und Naturschutzgesichtspunkten gezogen und Empfehlungen zur Weiterentwicklung des politischen Instrumentariums formuliert (Kap. 7). Hierbei wurden vor allem mögliche Synergien zwischen Naturschutz- und Klimaschutzpolitik herausgearbeitet.

In diesem Arbeitsschritt wurden die Ergebnisse der Bewertung der technischen Maßnahmen, der Modellierung und der Delphi-Befragung auf Basis des Analyserahmens zusammengeführt und diskutiert. Darauf aufbauend wurden Schlussfolgerungen für die zukünftige Formulierung von Anreiz- und Steuerungsinstrumenten gezogen. Es wurden die einzelnen Politikinstrumente diskutiert und entsprechende Empfehlungen formuliert, um Synergien zwischen Klima- und Agrarpolitik im Sinne des Naturschutzes realisieren zu können.

3 Politische Steuerungsinstrumente im Bereich Klima- und Naturschutz

Dieses Kapitel versteht sich als grundlegende Übersicht über politische Steuerungsinstrumente² im Bereich Klima- und Naturschutz. Nach einer kurzen Einführung zum Hintergrund politischer Handlungsoptionen in der Landwirtschaft stellt dieses Kapitel Steuerungsinstrumente vor, die einen großen Einfluss auf die Möglichkeiten der Landwirtschaft haben, Natur- und Klimaschutzziele gleichzeitig zu bedienen. Dies umfasst gegenwärtige sowie noch nicht weit verbreitete Politikoptionen.

Neben der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie nachwachsenden Rohstoffen stellt die Landwirtschaft eine Reihe nicht auf Märkten handelbarer Ökosystemleistungen bereit. So beeinflusst sie direkt Wasser- und Bodenqualität, Klima und Biodiversität und gestaltet Kultur- und Erholungslandschaften. Die Landwirtschaft produziert somit neben privaten, auf Märkten handelbaren Gütern (z.B. Biomasse) auch öffentliche Güter³, die nicht konventionell zu vermarkten sind. Diese werden auch Non-Commodity Outputs (NCOs) genannt und stehen im engen Zusammenhang mit dem Konzept der multifunktionalen Landwirtschaft (WÜSTEMANN et al. 2008).

Tab. 1: Kategorisierung von privatem und öffentlichem Gut in der Landwirtschaft

	Privates Gut	Öffentliches Gut
Ausschließbarkeit	möglich	kaum möglich
Rivalität	hoch	niedrig
Beispiel für Ökosystemleistung	Nahrungsmittel	Klimaregulation Biodiversität

Öffentliche Güter unterscheiden sich von privaten Gütern in ihrem Grade der Ausschließbarkeit und Rivalität ihrer Nutzung (siehe Tab. 1). So können Dritte von der Nutzung der angebauten Biomasse ausgeschlossen werden, jedoch nicht von den positiven Auswirkungen auf den Klimaschutz oder dem Anblick einer vielfältigen Kulturlandschaft. Auch hinsichtlich des Kriteriums der Rivalität unterscheiden sich private Güter von öffentlichen Gütern. Während der Konsum privater Güter die Nutzungsmöglichkeiten für andere schmälert, ist der Nutzen einer Kulturlandschaft für den darauffolgenden nicht geringer, der Konsum ist also nicht von Rivalität gezeichnet. Diese zwei Eigenschaften (keine Ausschließbarkeit und Rivalität) bedingen, dass öffentliche Güter auf Märkten nur unzureichend nachgefragt werden, weswegen es sich für Landwirte aus betriebswirtschaftlicher Perspektive nicht lohnt, sie direkt⁴ bereitzustellen.

² „(Politik)instrument“ bezeichnet im Folgenden einen vom Gesetzgeber erlassenen Steuerungsansatz, der durch Verbot, Gebot oder Anreiz eine Verhaltensänderung in der Landwirtschaft erreichen soll. Der Begriff „(technische) Maßnahme“, wie er in diesem Bericht verwendet wird, bezieht sich dahingehend auf einen praktischen (landwirtschaftlichen) Bewirtschaftungsansatz, der durch ein Politikinstrument gesteuert werden kann, z.B. Moorrenaturierung als *Maßnahme* kann durch ein anreizorientiertes *Instrument* umgesetzt werden.

³ Daneben kann die Landwirtschaft Klubgüter und Allmendegüter produzieren, die sich jeweils in Ausschließbarkeit und Rivalität der Nutzung unterscheiden. Klubgüter (hohe Ausschließbarkeit / geringe Rivalität) sind z.B. umzäunte Parks, für die ein Eintrittsgeld verlangt wird. Allmendegüter (geringe Ausschließbarkeit / hohe Rivalität) sind z.B. gemeinsam genutzte Weiden.

⁴ Zwar werden öffentliche Güter durchaus als Koppelprodukte der landwirtschaftlichen Produktion bereitgestellt. Dies ist jedoch abhängig von der Produktionsweise und erfolgt oft nicht im für die Aufrechterhaltung von wichtigen Ökosystemleistungen erforderlichen Umfang.

Einerseits wird die Lieferung öffentlicher Güter wie z.B. hohe Boden-, Wasser- und Luftqualität durch die klassische Produktion von vermarktungsfähigen landwirtschaftlichen Produkten nicht direkt entlohnt. Andererseits werden diese aber durch die Öffentlichkeit nachgefragt. Außerdem sind sie auf längere Sicht für die landwirtschaftliche Produktion notwendig. So kann zwar eine landwirtschaftliche Produktion, die eine gute Bodenqualität langfristig nicht erhält, ohne kurzfristige Ertragseinbußen betrieben werden. Auf Dauer aber führt eine nicht nachhaltige Bewirtschaftungsmethode zur Degradation der im menschlichen Zeithorizont endliche Ressource Boden (LAL 2009) und damit zur Verminderung der Bereitstellung von Ökosystemleistungen, die für die landwirtschaftliche Produktion wichtig sind (POWER 2010).

Die Politik greift durch Verpflichtungen, Anreize oder Informationen ein, um die Landwirtschaft zur Bereitstellung öffentlicher Güter zu veranlassen (KOCH UND CZOGALLA 2004: 378, WESTHOEK et al. 2012):

- Ordnungsrechtliche Instrumente: (Umweltauflagen, Verbote, Gebote); Rechtliche Rahmenbedingungen (z.B. Zulassungs-, Anmelde- und Anzeigeverfahren, Umwelthaftung, Umwelthaftpflichtversicherung, Umweltkontrolle)
- Ökonomische bzw. marktwirtschaftliche Instrumente: Honorierung erwünschter Produktionsweisen, Umweltabgaben und Umweltsteuern oder Umweltlizenzen
- Informationsvermittlung und Entwicklung von Umweltbewusstsein (z.B. Beratung), Förderung von Forschung und Entwicklung, landwirtschaftliche Beratung und Öffentlichkeitsarbeit, Verhandlungslösungen.

Zusätzlich leisten Planungsinstrumente einen wichtigen Beitrag bei der Bereitstellung öffentlicher Güter.

Bei der Auswahl des „richtigen“ Steuerungsinstruments sind zwei Aspekte von zentraler Bedeutung: die bestehenden Verfügungsrechte und die verfolgten Ziele des Gesetzgebers. Verfügungsrechte bezeichnen die Rechte, die ein Akteur bezogen auf bestimmte Güter oder naturräumliche Aspekte hat. Sie umfassen Zugang, Nutzung, Management, Ausgrenzung anderer und Veräußerung des Gutes. Zum Beispiel hat ein Pächter eines landwirtschaftlichen Schlags zwar das Recht, es zu nutzen und anderen die Nutzung zu untersagen, kann ihn aber nicht veräußern. Auch ist die Bewirtschaftung, das Management, durch landwirtschaftliche Regelungen eingeschränkt. Die Allokation der Verfügungsrechte sind in der Ausgestaltung politischer Steuerungsinstrumente sehr wichtig, da sie festlegen, wer das Recht hat, etwas zu nutzen oder zu verschmutzen.

Zum Beispiel regelt die Verteilung der Verfügungsrechte die Frage, ob der Landwirt für nicht bedarfsgerechte Düngungspraktiken nach dem Verursacherprinzip sanktioniert wird (so zum Beispiel durch das Ordnungsrecht), oder ob er eine Zahlung erhält, damit er spezielle Düngungspraktiken einsetzt und auf diese Weise eine Umweltbelastung minimiert (so zum Beispiel durch Agrarumweltmaßnahmen). In vielen Fällen gilt das Gemeinlastprinzip, nach dem die Kosten einer Umweltbelastung von der Allgemeinheit getragen werden, weil der Verursacher entweder nicht ausfindig gemacht werden kann oder eine Sanktionierung nicht erfolgen kann (vgl. Vollzugsdefizit).

Neben Verfügungsrechten spielen auch die mit dem Instrument verfolgten Ziele des Gesetzgebers eine entscheidende Rolle für die Auswahl eines Instruments. Da der Gesetzgeber meist mehrere verschiedene Ziele verfolgt, geschieht die Wahl eines Instruments nicht in erster Linie mit dem Ziel, einen bestimmten Zustand zu erreichen, sondern vielmehr, die gewünschte Kombination von Effekten zu erreichen (PERMAN 2003). Tab. 2 gibt eine Übersicht über Kriterien zur Auswahl eines Instruments.

Tab. 2: Kriterien für die Auswahl eines Instruments (basierend auf PERMAN 2003)

Indikator	Beschreibung
Zielerreichungseffizienz	Wie effizient führt das Instrument zum gesetzten Ziel?
Flexibilität	Wie flexibel kann das Instrument angepasst werden, wenn sich Rahmenbedingungen ändern?
Kosteneffizienz	Führt das Instrument dazu, das Ziel zu geringen Kosten zu erreichen?
Längerfristige Effekte	Bleibt die Wirkung des Instruments mittel- und längerfristig gleich, oder wird sie stärker/schwächer?
Informationsbeschaffungskosten	Welche Kosten verursacht die Informationsbeschaffung, die zur Ausgestaltung des Instruments nötig sind?
Win-Win-Effekte	Welche anderen Ziele können mit dem Instrument erreicht werden, die nicht im ursprünglichen Zielkatalog enthalten waren?
Akzeptanz	Wie wird das Instrument von den Adressierten sowie der Öffentlichkeit akzeptiert?
Überprüfung und Durchsetzung	Wie kann die Einhaltung der mit dem Instrument verbundenen Vorgaben überprüft werden?
Dynamische Effizienz	Schafft das Instrument kontinuierliche Anreize, den Produktionsprozess zu verbessern?
Gerechtigkeit („equity“)	Welche Auswirkungen hat das Instrument auf die Einkommensverteilung?
Kosten unter Unsicherheit	Wie hoch sind die Effizienzverluste, wenn das Instrument mit inkorrekten Informationen angewendet wird?

Darüber hinaus unterscheiden SCHEELE et al. (1993) vier Ansatzstellen:

1. Die *technologische Ansatzstelle* legt fest, ob die umweltpolitische Maßnahme bei der Emission, der Immission, dem Produkt oder dem Produktionsprozess angesetzt werden soll. Oft werden hier Stellvertretergrößen angewandt, z.B. beim Ziel, die Stickstoffbelastungen im Grundwasser zu minimieren, wird die Stellvertretergröße Stickstoffbilanzüberschuss, Mineraldüngereinsatz oder Viehbesatz zugrunde gelegt.
2. Der *Adressat* spielt auch eine Rolle in der Wahl der geeignetsten umweltpolitischen Maßnahme. Dies müssen nicht immer die Landwirte sein, auch Vorleistungsindustrie oder der Konsument kommen infrage.
3. Der *Regelungsraum* der umweltpolitischen Maßnahme umfasst die gewünschte räumliche Wirkweise. Ob regionale, nationale, EU-weite oder globale Regelungen angestrebt werden, ist oft eine Frage des Ziels, das durch die umweltpolitische Maßnahme erreicht werden soll.
4. Das *Instrument* an sich schließlich bestimmt, wie das umweltpolitische Ziel konkret erreicht werden soll und hat eine Verhaltensänderung des Verursachers zum Ziel.

Im vorliegenden Fall der Auswahl von technischen Maßnahmen zur Verbindung von Natur- und Klimaschutz bzw. deren Synergie in der Landbewirtschaftung (siehe Kapitel 4) wird der landwirtschaftliche Produktionsprozess als technologische Ansatzstelle gewählt. Adressatin ist die Landwirtschaft und der Regelungsraum ist die regionale bzw. nationale, und bzgl. der GAP die europäische Ebene. Damit wird bewusst der direkte Flächenbezug der Landwirtschaft als zentraler Kernpunkt für die Wirkung auf den Klima- und Naturschutz gewählt.

Im Folgenden wird auf die politischen Steuerungsinstrumente eingegangen, die derzeit den größten Einfluss auf die Landwirtschaft haben bzgl. ihrer Möglichkeit, Leistungen im Klima- und Naturschutz zu erbringen. Manche sind klimaschutz-, andere eher naturschutzorientiert.

3.1 Ökonomische Anreizinstrumente

Ökonomische Anreizinstrumente setzen Akteuren durch monetäre Maßnahmen Anreize für ein bestimmtes Verhalten. Im Bereich Landbewirtschaftung sind hier die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU sowie das auf deutscher Ebene bestehende Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zu nennen. Diese und weitere ökonomische Anreizinstrumente werden im Folgenden dahingehend untersucht, inwieweit sie dazu beitragen, dass die Landwirtschaft Leistungen im Klima- und Naturschutz gleichzeitig erbringen kann.

3.1.1 Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) bis 2013

3.1.1.1 Die Direktzahlungen der Ersten Säule (Cross Compliance)

Das wohl wichtigste Anreiz-Steuerungsinstrument ist die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU. Durch die Reform der EU-Agrarpolitik im Jahr 2003 sind die Direktzahlungen der ersten Säule an die Einhaltung von Vorschriften in den Bereichen Umwelt, Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit sowie Tiergesundheit und Tierschutz geknüpft („Cross Compliance (CC)“). Das Cross-Compliance Regelwerk (Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates und Verordnung (EG) Nr. 1122/2009 der Kommission) besteht aus 18 „Grundanforderungen an die Betriebsführung“, die sich auf einschlägige europäische EU-Richtlinien und Verordnungen (z.B. Vogelschutzrichtlinie (Richtlinie 2009/147/EG), FFH-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG), Grundwasserschutzrichtlinie (Richtlinie 80/68/EWG), Nitratrichtlinie (Richtlinie 91/676/EWG), Klärschlammrichtlinie (86/278/EWG)) beziehen, welche in deutsches Recht umgesetzt vorliegen (z.B. Düngeverordnung (2007), Pflanzenschutzmittelverordnung (2013)). Daneben umfasst CC Bestimmungen zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in „gutem landwirtschaftlichem und ökologischem Zustand“ (GLÖZ). Für die Überprüfung der CC-Bestimmungen werden regelmäßige, kurzfristig angekündigte Kontrollen in einer Stichprobe von normalerweise einem Prozent der Zahlungsempfänger durchgeführt. Verstöße gegen die Regelungen können durch Kürzung der Direktzahlungen und im Falle der 18 Grundanforderungen zusätzlich durch Bußgelder sanktioniert werden. Die GAP ist hier mit Elementen des Ordnungsrechts verknüpft, die Direktzahlungen sind aber nicht als Anreiz für die Einhaltung ordnungsrechtlicher Vorgaben zu sehen, sondern als Basis für zusätzliche Sanktionen in Form von Prämienabzügen, die im Fall von Verstößen zusätzlich zu möglichen Bußgeldern umgesetzt werden. Aus den CC-Bestimmungen sind die folgenden gleichzeitig für den Klima- und Naturschutz von Belang:

- **Erhalt der organischen Substanz im Boden und Schutz der Bodenstruktur.** Der Nachweis hierüber ist entweder durch das Aufstellen einer Humusbilanz oder eine den Bodenhumusgehalt feststellende Analyse zu leisten. Beides kann durch ein Anbauverhältnis von mindestens drei Kulturen ersetzt werden. Mit diesen Maßnahmen soll sichergestellt werden, dass ein bestimmter vorgegebener Humusgehalt des Bodens nicht unterschritten wird.
- **Bestimmungen zur Stickstoffdüngung.** Stickstoffhaltige Düngemittel dürfen nur ausgebracht werden, wenn Witterung und Bodenzustand eine weitgehende Aufnahme des Stickstoffs erlauben. CC-relevant sind eine Reihe von Auflagen der Düngeverordnung, die auf Anforderungen der EG-Nitratrichtlinie aufbauen.
- **Abdeckung von Gülle/Jauchebehältern.** Die Lagerbehälter von flüssigen organischen Düngemitteln sind so zu gestalten, dass sie gegenüber „den zu erwartenden Beanspruchungen dicht, standsicher und gegen die zu erwartenden mechanischen und chemischen Einflüsse hinreichend widerstandsfähig“ (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2012: 13-14) sind.
- **Schutz von Dauergrünland.** Wenn sich der Anteil an Dauergrünland auf Länderebene um mehr als 5% des Referenzwertes von 2003 verringert hat, ist das jeweilige Land

verpflichtet, eine Verordnung zu erlassen, die den Umbruch von Dauergrünland fortan genehmigungspflichtig macht. Wenn sich die ermittelte Dauergrünlandfläche um mehr als 10% verringert, *muss* das Land Zahlungsempfänger dazu verpflichten (ab 8% *kann* das Land dies tun), innerhalb der letzten 24 Monate umgebrochenes Dauergrünland wieder einzusäen oder eine Ersatzfläche zu finden, bis die 10%-Marke wieder eingehalten wird (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2012). Aufgrund überschrittener Grenzwerte wurde im Jahre 2012 der Grünlandumbruch in Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen, Bremen und Nordrhein-Westfalen genehmigungspflichtig (ebd., Stand: Dezember 2011). Zusätzlich müssen seit 2011 Grünlandflächen in Überschwemmungsgebieten, geschützte Flächen in Naturschutzgebieten und nach Naturschutzrecht pauschal geschützte Grünlandbiotope nach CC erhalten werden.

Die Maßnahmen zum Schutz von Dauergrünland durch Cross Compliance werden oft als ungenügend kritisiert. Bemängelte Punkte sind, dass die Regelung erst bei einer landesweit erheblichen Abnahme des Dauergrünlandanteils greift, in heterogenen Bundesländern Grünlandverluste durch die Neueta-blierung auf Marginalstandorten ausgeglichen werden und dadurch Grünlandverluste in bestimmten Landschaften weiter voranschreiten können (z.B. NITSCH et al. 2010), und dass der Grünlandumbruch trotz erlassener Verbote in vielen Gebieten weiter unkontrolliert voranschreitet (z.B. NABU 2010a). Des Weiteren wird auch kritisiert, dass zumindest vor Inkrafttreten von Grünlanderhaltungsverordnungen keine Berücksichtigung von Qualität und Lage des Grünlandes stattfindet.

3.1.1.2 Der Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER) – Zweite Säule

Die zweite Säule der GAP bildet der Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER) (Verordnung (EG) Nr. 1698/2005). Ziele des ELER sind die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des Landwirtschafts- und Forstsektors, der Schutz der Umwelt, die Stärkung des ländlichen Raumes und die Verbesserung der Lebensqualität im ländlichen Raum. Der ELER ist in sog. Achsen organisiert, wobei jeder Achse ein Maßnahmenkatalog zugeordnet ist, aus dem die Mitgliedsstaaten oder deren Regionen Maßnahmen zur Einbeziehung in ihr jeweiliges regionales ländliches Entwicklungsprogramm auswählen können. Die Maßnahmen des ELER werden in Deutschland in den Ländern implementiert, einige können über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) kofinanziert werden. Die Umsetzungskosten werden von Mitgliedsstaaten, EU und Dritten getragen. Für Synergien im Klima- und Naturschutz sind die folgenden ELER-Maßnahmen relevant.

3.1.1.2.1 Agrarumweltmaßnahmen

Agrarumweltmaßnahmen (AUM) (Maßnahme 214, Art. 39 der Verordnung EG 1698/2005) bieten den Mitgliedsstaaten die Möglichkeit, Landwirten bestimmte Programme anzubieten, die zu positiven Effekten in den Bereichen Natur-, Umwelt- und Tierschutz führen. Während der fünfjährigen Laufzeit verpflichten sich Landwirte freiwillig, die jeweilige Fläche auf eine festgelegte Art und Weise zu bewirtschaften. Im Gegenzug erhalten sie für den dadurch reduzierten Ertrag einen finanziellen Ausgleich. Zu berücksichtigen ist, dass es bisher keine ausschließlich auf den Klimaschutz ausgerichteten Agrarumweltmaßnahmen gibt. Vielmehr wird z.T. auf die positive Wirkung von Maßnahmen auch für den Klimaschutz verwiesen. Beispiele für die auf Länderebene festgelegten Programme mit Wirkungen im Bereich Biodiversität und Klima sind: mehrjährige Flächenstilllegung, Blüh- und Schonstreifen, Landschafts- und Biotoppflege, Umwandlung von Acker zu Grünland, reduzierter Einsatz von Mineraldüngern und umweltfreundliche Gülleausbringung (SCHUSTER 2011). Auch werden Anreize für Landwirte bereitgestellt, alternative Anbauverfahren zu erproben (z.B. pfluglose

Bodenbearbeitung oder Integration von Zwischenfrüchten in die Fruchtfolge). Damit gelangen Maßnahmen zur Anwendung, die für den Klima- oder Naturschutz vorteilig sein können.

Die Teilnahme an AUM hängt stark von der Höhe der finanziellen Entschädigung ab, wie Umfragen der Uni Göttingen zeigen (BfN 2010a). Des Weiteren sind die verbesserten Absatzchancen von Biomasse im Rahmen des EEG ein Grund dafür, dass das Interesse an AUM rückläufig ist (ibid). So legt STEINHÄÜBER (2012) dar, dass die gesamte Förderhöhe für einen Hektar Silomais zur energetischen Nutzung durch GAP und EEG bei 3000 Euro/ha liegen kann, während die Nutzung von Landschaftspflegematerial und die Teilnahme an einer beispielhaften AUM in Sachsen nur mit 732 Euro/ha gefördert werden.

3.1.1.2.2 Erhaltung und Verbesserung des ländlichen Erbes

Obwohl diese Fördermaßnahme keine direkten Anreize für Bewirtschaftungsänderungen in der Landwirtschaft bietet, stellt sie doch eine Maßnahme dar, mit der sich gerade im Bereich Moorschutz Einkommensrückgänge bei der Bewirtschaftung von betroffenen Flächen kompensieren lassen. Nach Artikel 57 der ELER-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1698/2005) werden Investitionen in Erhaltung und Verbesserung des ländlichen Erbes gefördert. Dies umfasst Investitionen in den Schutz und die Entwicklung von Natura-2000-Gebieten und anderen Gebieten mit hohem Naturwert sowie Investitionen im Zusammenhang mit der Erhaltung und Verbesserung des kulturellen Erbes wie z.B. der Kulturlandschaft.

3.1.1.2.3 LEADER

Zur Förderung der Regionalentwicklung wurde innerhalb des ELER (Achse 4) das bereits bewährte wettbewerbsorientierte LEADER⁵-Programm integriert, bei dem einzelne Regionen regionale Entwicklungsprogramme entwickeln, um so einen echten bottom-up-Ansatz zu verwirklichen. Eigeninitiative, regionale Besonderheiten, lokale Partnerschaften und eine gute Vernetzung der Akteure sollen in diesem Programm zur Geltung kommen. Eines der wichtigsten Merkmale ist die Bewilligung der Mittel für LEADER-Projekte auf Grundlage eines überzeugenden Konzeptes der antragsstellenden Regionalgruppe.

Der Fokus von LEADER liegt zunächst auf einer erfolgreichen, nachhaltigen Regionalentwicklung. Je nach Bundesland spielen Natur- und Klimaschutz dabei eine mehr oder weniger untergeordnete Rolle. In einzelnen Projekten wurden jedoch Vorhaben verwirklicht, die Synergien zwischen Klima- und Naturschutz befördern können. Beispiele sind hier integrierte Naturschutzprojekte, die zu einer ökologischen Aufwertung von grundwassernahen Grünlandstandorten führen (z.B. Aktivregion Treenelandschaft in Schleswig-Holstein).

3.1.1.2.4 Anlagenbezogene Anreizsysteme

Neben den flächenbezogenen Fördermaßnahmen bietet ELER die Möglichkeit, anlagenbezogene Anreizsysteme anzubieten, die die Belange des Natur- und Klimaschutzes kombinieren können. Ein Beispiel sind die **Agrarinvestitionsförderungsprogramme** sowie die **einzelbetriebliche Investitionsförderung der Bundesländer**. Diese Investitionsprogramme haben zum Ziel, die Landwirtschaft auf Dauer darin zu unterstützen, wettbewerbsfähig, nachhaltig, umweltschonend, tiergerecht und multifunktional zu wirtschaften. Insbesondere werden Baumaßnahmen gefördert. Die genaue Ausgestaltung der Förderung obliegt den Bundesländern. Wenn durch Investitionsförderungsprogramme auch Biogasanlagen oder weitere Infrastruktur für die Bioenergieproduktion gefördert werden

⁵ „Liaison Entre Actions de Développement de l'Économie Rurale“

können, bieten sie eine gute Möglichkeit, hier Bestimmungen zum Naturschutz einfließen zu lassen. Das **Schleswig-Holsteiner Förderprogramm „Biomasse und Energie“** ist ein Beispiel dafür, wie ökologische Kriterien als Voraussetzung für die Investitionsförderung von landwirtschaftlichen Biogasanlagen herangezogen werden können. Das 2007 erlassene Programm schließt seit 2011 die Förderung von Biogasanlagen mit Mais als Koferment komplett aus, während die Maisanbaufläche zu Beginn des Programms nur eingeschränkt war (LANDESREGIERUNG SCHLESWIG-HOLSTEIN 2008; 2010).

3.1.1.2.5 Ausblick ab 2014

Aus den Verhandlungen über die EU-Agrarpolitik ergeben sich einige Änderungen für die neue Förderperiode ab 2014. Zum einen werden 30 Prozent des nationalen Finanzrahmens jedes Mitgliedstaates darauf verwandt, eine über die Basisprämienregelung hinausgehende Zahlung zu leisten, die an bestimmte Ökologisierungsaufgaben („Greening-Auflagen“) geknüpft ist. Diese beinhalten (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2013):

- Erhalt von Dauergrünland (Grünlandumbruchverbot): Ersetzt weitgehend inhaltsgleich die bisherige CC-Regelung. Als neues Referenzjahr wird 2012 festgesetzt.
- Anbaudiversifizierung: Wenn das Ackerland eines Betriebes größer als 10 ha ist, müssen mindestens zwei verschiedene Kulturen angebaut werden, wenn das Ackerland größer als 30 ha ist, drei verschiedene Kulturen.
- 5% der Ackerfläche (später ggf. 7%) des Betriebes müssen als „ökologische Vorrangfläche“ genutzt werden. Hierunter können z.B. Brachflächen, Landschaftselemente, Hecken oder auch der Eiweißpflanzen- und Zwischenfruchtanbau anerkannt werden.

Die Säulenstruktur wird beibehalten und der Entwurf der neuen ELER-Verordnung (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2011b) gibt dem Klimaschutz eine herausragende Rolle. So wird „nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und Klimaschutzpolitik“ als eines der Ziele der Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums genannt, neben „Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft“ und „ausgewogene räumliche Entwicklung der ländlichen Gebiete“ (ebd., Art. 4). Mindestens 25 Prozent des ELER-Gesamtbeitrags für jedes Entwicklungsprogramm soll für Klimaschutzmaßnahmen bzw. Klimaanpassung der Landbewirtschaftung eingesetzt werden. Als Maßnahmen hierfür werden AUM (wie z.B. Ökolandbau) und Zahlungen an Landwirte in benachteiligten Gebieten aufgeführt. Da ausschließlich Flächenmaßnahmen zur Zielerreichung genannt werden, deren positive Klimaeffekte nach Programmende wieder umgekehrt werden können, ist ein dauerhafter Beitrag des ELER zum langfristigen Klimaschutz jedoch nicht zu erwarten (GRAJEWSKI 2011).

3.1.2 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Die Haupttriebkraft für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen zur Energiegewinnung ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2013). Obwohl das EEG nicht in erster Linie im Hinblick auf die Landwirtschafts-, sondern für die Energie- und Klimaschutzpolitik formuliert wurde, haben seine Bestimmungen weitreichende Auswirkungen auf den landwirtschaftlichen Sektor (s. STEINHÄUSER 2012). Das EEG formuliert das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis zum Jahre 2020 auf mindestens 35% zu erhöhen (EEG 2013, §1 Abs.2 Satz 1).

Auf betrieblicher Ebene wirkt das EEG als Produktsubvention, da die Gesamtvergütung annähernd proportional zur produzierten Energiemenge ist. Der Kern des EEG ist die auf jeweils 15-20 Jahre festgelegte Einspeisevergütung für Anlagenbetreiber, die Strom aus

erneuerbaren Energien (Wasserkraft, Deponiegas, Klärgas, Grubengas, Biomasse, Geothermie, Windenergie, Solarenergie) produzieren. Das EEG führte in der Landwirtschaft zu einer massiven Ausweitung des Anbaus von Biomasse, insbesondere von Silomais als regenerativem Energieträger.

Bis zu seiner Novellierung 2012 integrierte das EEG Aspekte des Natur- und Umweltschutzes vor allem über Bonus-Zahlungen, die als Zusatzzahlung auf die Grundvergütung einen wesentlichen Bestandteil der Förderung ausmachten. So bestand der NawaRo-Bonus als Zusatzvergütung für aus nachwachsenden Rohstoffen produzierten Strom, der Güllebonus für Biogasanlagen, die zu mindestens 30% Gülle einsetzen, und der KWK-Bonus für die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Biogasanlagen. Der 2009 eingeführte Landschaftspflegebonus honorierte den Einsatz von Landschaftspflegematerial, wenn dieses mehr als 50 Prozent der eingesetzten Gesamtpflanzen ausmacht. Das Ziel war, Klimaschutz sowie den Schutz von Biodiversität durch die Verwertung von Schnittgut zu vereinen. So kann der Bonus die notwendige Bewirtschaftung von ökologisch wertvollen Flächen wie z.B. Feuchtgrünland attraktiver machen (DVL 2008). Die Inanspruchnahme des Landschaftspflegebonus war während seiner Gültigkeitsdauer jedoch eher marginal. Laut einer Betreiberbefragung aus dem Jahre 2010 wurden für Biogasanlagen vornehmlich NawaRo-, KWK- und Güllebonus beantragt (Betreiberbefragung durch das DBFZ aus dem Jahre 2010, zitiert in RENSBERG et al. 2012). Gründe hierfür waren Schwierigkeiten der Substratbereitstellung, das Mindesteinsatzmaß von 50 Prozent und die teils unzureichende Wirtschaftlichkeit (ebd.).

Tab. 3: Vergütungsbestandteile der EEG-Novellen 2004-2012

		EEG 2004			EEG 2009			EEG 2012	
Vergütungsbestandteile		bis kW	Deg.	2004	2008	Deg.	2009	2011	Deg. 2012
Grundvergütung	Kleinanlage mind. 80% Gülle	max. 75							2,0%
		150	1,5%	11,50		1,0%	11,67	11,44	2,0%
	Grundvergütung	500	1,5%	9,90		1,0%	9,18	9,00	2,0%
	NaWaRo und Koferment bis 2011	5.000	1,5%	8,90		1,0%	8,25	8,09	2,0%
		20.000	1,5%	8,40		1,0%	7,79	7,63	2,0%
	Grundvergütung Koferment ab 2012	500							2,0%
Substrat		20.000							2,0%
	Güllebonus bis 150 kW	150				1,0%	4,00	3,92	
	Güllebonus bis 500 kW	500				1,0%	1,00	0,98	
	NaWaRo EVK 1	500		6,00	6,00	1,0%	7,00	6,86	6,00
	NaWaRo EVK 1	750		4,00	4,00	1,0%	4,00	3,92	5,00
	NaWaRo EVK 1	5.000		4,00	4,00	1,0%	4,00	3,92	4,00
	EVK 2 Gülle	500							8,00
	EVK 2 Gülle	5.000							6,00
	EVK 2 ohne Gülle	5.000							8,00
	Landschaftspflege	20.000				1,0%	2,00	1,96	
Technik	Kraft-Wärme-Kopplung	20.000		2,00	2,00	1,0%	3,00	2,94	
	Technologie Bioerdgasverstromung	20.000		2,00	2,00	1,0%	1,00 - 2,00	0,98 - 1,96	1,00 - 3,00
	Technologie innovative Technologie	20.000		2,00	2,00	1,0%	2,00	1,96	
	Emissionsminderung	500				1,0%	1,00	0,98	
Markt	Marktprämie	20.000							variabel
	Managementprämie	20.000							0,30
	Flexibilitätsprämie	20.000							130 € / kW

Quelle: Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2011: 1

Im Zuge der Novellierung 2012 wurden diese Boni in ein neues Vergütungssystem integriert (siehe Tab. 3). Ziel war, die durch den Energiemaisanbau verschärfte Flächenkonkurrenz einzudämmen, indem alternative Einsatzstoffe vermehrt gefördert werden (BMELV 2011b). So erfolgt die Zusatzvergütung über die Grundförderung hinaus nach Einsatzstoffvergütungsklassen (EVK). Die eingesetzten Substrate werden in EVK 1 (klassische Energiepflanzen wie Mais und Getreidekorn) und EVK 2 („alternative“ Energiesubstrate wie Wildpflanzenaufwuchs, Landschaftspflegematerial,

Leguminosengemenge, Gülle) unterteilt, wobei EVK 2 eine höhere Vergütung erfährt als EVK 1. Darüber hinaus wurde eine Grenze von 60% Mais, CCM6, Getreidekorn, Lieschkolbenschrot und Körnermais im Gärsubstrat eingeführt (BMELV 2011b) und KWK verpflichtend für alle förderungswürdigen Anlagen eingeführt.

Neben diesen Bestimmungen für feste Biomasse gelten für flüssige Bioenergieträger darüber hinaus die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) und Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV), die entsprechende Richtlinien des europäischen Parlaments und Rates von April 2009 umsetzen. Im Vergleich zu Biogas spielen in Deutschland produzierte flüssige Bioenergieträger jedoch eine untergeordnete Rolle. Beide Verordnungen wurden v.a. in Hinblick auf nicht-nachhaltig produzierte importierte Pflanzenöle wie z.B. Palmöl erlassen. Sie enthalten die folgenden Bestimmungen (BioSt-NachV 2009; KAPHENGST et al. 2009):

- Schutz von Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand (Feuchtgebiete und Waldflächen) oder Naturschutzwert (bewaldete Flächen, unter Naturschutz gestellte Flächen, natürliches Grünland und Grünland, zu dessen Erhalt menschlicher Einfluss notwendig ist, außer Landschaftspflegemaßnahmen),
- Schutz von Torfmooren
- nachhaltige landwirtschaftliche Bewirtschaftung (Umweltauflagen des Cross-Compliance)
- Treibhausgasminderungspotenzial von mind. 35% (60% im Jahre 2018).

3.1.3 Exkurs zu alternativen Ansätzen: Emissionszertifikate, Stickstoff- und Kohlenstoffsteuer

Ein anderweitiges Instrument sind die unter die ökonomischen Anreizinstrumente fallenden Emissionszertifikate. Hierbei werden einmalig Lizenzen für ein bestimmtes Maß an Emissionen vergeben, die dann zwischen den Betrieben gehandelt werden und somit Anreize zur Emissionseinsparung geben. Dieses Instrument besteht in der EU für CO₂-Emissionen seit 2005. Für die Landwirtschaft wird dieses Instrument jedoch als nicht geeignet betrachtet (SADDLER UND KING 2008). Erstens besteht die Schwierigkeit, landwirtschaftliche Emissionen hinreichend genau und kosteneffizient zu messen. Zweitens sind landwirtschaftliche Emissionen abhängig von Faktoren, die nicht direkt durch die Bewirtschaftung beeinflusst werden können (wie Standort und Wetter). Drittens besteht der landwirtschaftliche Sektor aus hunderttausenden von Emittenten. Dies erschwert die Umsetzung der Maßnahme und führt zu hohen administrativen Kosten.

Alternativ kann der Gesetzgeber über Steuern versuchen externe Effekte⁷ der Landwirtschaft, die die Bereitstellung einer bestimmten Ökosystemleistung schmälern, einzudämmen und dadurch zu internalisieren. Umweltbezogene Steuern verfolgen meist den Ansatz des Verursacherprinzips. Da die Landwirtschaft durch CH₄-, N₂O- und CO₂-Emissionen zum Klimawandel beiträgt, käme eine Besteuerung dieser Stoffe infrage. Eine Möglichkeit wäre die Besteuerung von mineralischem Stickstoffdünger. Indem eine Steuer auf die den externen Effekt (z.B. Nitrateintrag in das Grundwasser) hervorrufende Substanz erhoben wird, verspricht sich der Gesetzgeber eine Minderung dieses Effekts und damit eine verbesserte Bereitstellung des öffentlichen Gutes „sauberes Grundwasser“. N₂O ist die bedeutendste klimarelevante Emissionen der Landwirtschaft und wird vor allem durch die

⁶ Corn-Cob-Mix, eine Sonderform des Maiskolbenschrotes

⁷ „Externe Effekte“ in der Landwirtschaft sind nicht kompensierte Auswirkungen des Produktionsprozesses, die nicht im Fokus des eigentlichen wirtschaftlichen Handelns stehen. Aus Naturschutzsicht können sie negativer (z.B. Nitrateintrag ins Grundwasser) und positiver Art (z.B. Bereitstellung von bestimmten Lebensräumen für Arten) sein.

Applikation mineralischen und organischem Stickstoffdünger verursacht. N-Überschüsse sind nicht vollständig vermeidbar, z.B. wenn sie aufgrund von Wetterschwankungen entstehen, fallen aber bei unsachgemäßer Düngung besonders hoch aus. Aus N-Verlusten in die Umwelt entstehen zusätzliche, „indirekte“ N₂O-Emissionen. Gleichzeitig kann Stickstoffdünger einen negativen Effekt auf Biodiversität haben, und N-Überschüsse verschlechtern die Qualität des Grundwassers. Eine Minderung der Stickstoffverluste aus der Düngung würde somit gleichzeitig positive Effekte für den Klima- und den Naturschutz bedeuten⁸. In Schweden z.B. existierte bereits von 1984 bis 2010 eine Steuer auf mineralischen Stickstoffdünger. Aufgrund befürchteter Wettbewerbsnachteile gegenüber der restlichen europäischen Landwirtschaft wurde sie jedoch wieder abgeschafft. In den Niederlanden wurde ein anderer Ansatzpunkt gewählt, nämlich eine Besteuerung der Nährstoffüberschüsse. Im Zuge der Umsetzung der EG-Nitratrichlinie (1991) wurde 1998 das System MINAS (mineral accounting system) eingeführt. Es machte eine Stickstoff- und Phosphorbilanz auf Betriebsebene obligatorisch und besteuerte diejenigen Betriebe, deren Nährstoffüberschüsse bestimmte Werte überschritten (ONDERSTEIJN et al. 2002). MINAS wurde 2005 aufgrund eines Beschlusses des Europäischen Gerichtshofs eingestellt. Das Gericht monierte, das System sei nicht in Übereinstimmung mit der EG-Nitratrichlinie.

Als weitere Möglichkeit zur Eindämmung der Klimawirkung der Landwirtschaft wird zuweilen eine Kohlenstoffsteuer diskutiert. Kohlenstoffdioxid in der Landwirtschaft fällt vor allem bei der Herstellung von Stickstoffdünger an, bei der Umwandlung von Grünland und Forstflächen in Ackerland, der Nutzung organischer Böden und im Produktionsprozess als Ergebnis des Verbrennens fossiler Kraftstoffe. Eine direkt beim Landwirt ansetzende Kohlenstoffsteuer könnte sich also zum einen auf Grünlandumbruch und die Nutzung organischer Böden, und zum anderen auf den Einsatz landwirtschaftlicher Maschinen beziehen. Grünlandumbruch als solches könnte zwar sanktioniert oder besteuert werden, jedoch würde dies aufgrund standörtlicher Unterschiede nicht am jeweiligen CO₂-Ausstoß ansetzen, sondern ggf. pauschal abgerechnet werden und hätte damit nicht mehr den Charakter einer auf die präzise Emission zugeschnittene Lenkungsabgabe. Ein ähnlicher Sachverhalt trifft auf die Nutzung organischer Böden zu. Deren Nutzung könnte zwar pauschal eingeschränkt werden, dies hätte aber nicht den Charakter einer Kohlenstoffsteuer. Bezogen auf die Besteuerung des Einsatzes von Benzin und Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen würde sich eine Kohlenstoffsteuer auf den Verbrauch fossiler Kraftstoffe anbieten. Derzeit bestehen allerdings Steuervergünstigungen für Agrardiesel und auch eine Befreiung landwirtschaftlicher Fahrzeuge von der Kraftfahrzeugsteuer. Die Abschaffung dieser Vergünstigungen wird zuweilen diskutiert, ist aber aus politischen Gründen derzeit nicht als realistisch anzusehen. Das Umweltbundesamt schlägt in seinem Bericht über umweltschädliche Subventionen in Deutschland vor, als zweitbeste Lösung nach der Abschaffung der Agrardieselerbilligung, diese pauschal an die Flächengröße zu binden. Der Dieselmotorkraftstoffverbrauch würde dann bis zu dieser vom Gesetzgeber festgelegten Maßgabe pro Hektar weiterhin subventioniert, doch gleichzeitig würden ökonomische Anreize zum effizienten Einsatz von Kraftstoff in der Landwirtschaft bestehen (UBA 2010).

3.2 Ordnungsrecht

Das Ordnungsrecht spricht Ge- und Verbote aus und bezeichnet durch Bußgeld sanktionierbare Rechtsvorschriften. **Schutzgebietsverordnungen** stellen einen Kern des naturschutzfachlichen Ordnungsrechts dar. Je nach Schutzkategorie sind bestimmte landwirtschaftliche Aktivitäten eingeschränkt oder zu unterlassen. Ein weiteres ordnungsrechtliches Instrument ist die **Eingriffsregelung** nach §14 und §15 des

⁸ Ein Problem hierbei ist, dass die Umwelteffekte organischer Dünger dabei nicht berücksichtigt werden.

Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG), die im wesentlichen Bauvorhaben betrifft. Demzufolge sind zwar „unvermeidbare Beeinträchtigungen durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen (Ausgleichsmaßnahmen) oder zu ersetzen (Ersatzmaßnahme)“ (BNatSchG §15), jedoch wird die land-, forst- und fischereiwirtschaftliche Bodennutzung nicht als Eingriff angesehen, soweit dabei die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege berücksichtigt werden und die gute fachliche Praxis zur Anwendung kommt (BNatSchG §14).

Im landwirtschaftlichen Fachrecht haben das Düngegesetz, die Dünge- und Düngemittelverordnung (DüMV) und das Pflanzenschutzgesetz einen starken Umweltbezug. Ebenso relevant sind das Bundesbodenschutzgesetz und das Wasserhaushaltsgesetz⁹. Die Anforderungen aus diesen Rechtsnormen sind in der **Guten Fachlichen Praxis** geregelt. Das BNatSchG z.B. regelt durch seine Bestimmungen zur guten fachlichen Praxis Einschränkungen für bestimmte Gebiete außerhalb ausgewiesener Schutzgebiete. So ist Grünlandumbruch auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand und auf Moorstandorten „zu unterlassen“ (§5, Abs.4 BNatSchG). Diese Anforderungen des BNatSchG gelten aber nicht unmittelbar, sondern hängen von der Umsetzung und Konkretisierung in den Ländernaturschutzgesetzen ab.

Auch wenn die gute fachliche Praxis viele positive Regelungen für den Naturschutz beinhaltet, zeichnet sie sich doch eher durch Appellcharakter aus (z.B. MENGEL et al. 2010); einige Regelungen z.B. im Falle des Grünlandschutzes werden oft als nicht ausreichend konkret bezeichnet (SCHRAMEK UND OSTERBURG 2011, NITSCH et al. 2010). Mitunter wird sie sogar als „Symbolpolitik“ ohne konkrete Möglichkeiten der Umsetzung bezeichnet (z.B. LEHMANN et al. 2005).

3.3 Planungsinstrumente

Die Raumplanung ist in ihren Steuerungsmöglichkeiten auf raumwirksame Vorhaben beschränkt, weswegen ihrer Möglichkeit, flächenhafte Biomassenutzung zu steuern, enge Grenzen gesetzt sind (MENGEL et al. 2010: 128). Im Themenfeld Klima- und Naturschutz in der Landbewirtschaftung kann sie vor allem (a) im Bereich Zulassungsverfahren für Biogasanlagen sowie durch (b) raumbezogene Planungsinstrumente relevant sein, die im Folgenden kurz erläutert werden. Für das *Zulassungsverfahren für Biogasanlagen* sind je nach Standort, Art und Größe der Anlage ein oder mehrere behördliche Umweltprüfungen durchzuführen, um Aufschluss über die Natur- und Umweltauswirkungen zu bekommen und diese zu bewerten (BFN 2010a). Ab einer gewissen Anlagengröße ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen, wodurch die Flächeninanspruchnahme der Anlage gesteuert werden kann. Unter den *raumbezogenen Planungsinstrumenten* sind vor allem die räumliche Gesamtplanung (Landes-, Regional- und Flächennutzungsplanung) und die Fachplanung Landschaftsplanung von Belang (siehe auch UCKERT et al. 2007). Die *Regionalplanung* kann durch die Einrichtung bestimmter Gebietskategorien wie Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebiet Konfliktpotentiale zwischen Biomasseanlagen und weiteren Zielen der Raumordnung steuern. Die *Landschaftsplanung* hat die Aufgabe, Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege in der jeweiligen Planungsregion zu konkretisieren und Maßnahmen zu deren Verwirklichung auszuarbeiten. So können naturschutzfachlich hochwertige Bereiche (z.B. einzelne Schutzgüter) raumkonkret identifiziert werden und für die Biomassenutzung empfindliche Räume dargestellt werden (MENGEL et al. 2010: 134).

⁹ Zwei wichtige europäische Regelwerke sind außerdem die Nitratrichtlinie (Richtlinie 91/676 EWG) und die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, Richtlinie 2000/60/EG), die durch die Düngeverordnung (DV) bzw. im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in deutsches Recht überführt wurden.

Diese Einschätzungen der Landschaftsplanung können dann dazu beitragen, dass bestimmte Gebiete gegebenenfalls von der landwirtschaftlichen Biomasseproduktion z.B. durch das Ausweisen von Schutzgebieten, ausgenommen werden. Die Landschaftsplanung wird als grundsätzlich nützliches Instrument gesehen, allerdings besteht das Problem, dass eine leistungsfähige und aktuelle Landschaftsplanung weder in allen Bundesländern noch flächendeckend existiert (MENGEL et al. 2010: 135).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich in der Raumplanung zwar v.a. im Bereich der Biogasanlagenplanung gewisse Handlungsmöglichkeiten ergeben, Klima- und Naturschutzziele besser abzustimmen. Allerdings lässt sich derzeit der naturverträgliche Biomasseanbau außerhalb von Schutzgebieten raumplanerisch nicht steuern (BFN 2010a). Weiterhin ist zu beachten, dass bei einer reinen Fokussierung auf Schutzgebiete Verdrängungs- und Verlagerungseffekte auftreten können. Nur mit allgemeinverbindlichen, flächendeckenden Steuerungsinstrumenten (siehe Ordnungsrecht) können diese Effekte vermieden werden.

3.4 Informationsvermittlung und Zertifizierung

Ein weiteres politisches Steuerungssystem, um Natur- und Klimaschutz besser in die landwirtschaftliche Praxis zu integrieren, ist Informationsvermittlung und die Einführung von Standards bzw. Zertifizierungssystemen. Landwirtschaftliche Betriebe können zum einen über **Informationsvermittlung** mit den Grundsätzen natur- und klimaschonender Bewirtschaftungsmethoden vertraut gemacht und dadurch bewegt werden, diese anzuwenden. Standards umfassen bestimmte ökologische, ökonomische und soziale Kriterien, die eingehalten werden müssen, damit die Produktion oder die Produkte mit einem bestimmten Zertifikat ausgezeichnet werden. Eine Möglichkeit hier wäre die **Zertifizierung landwirtschaftlicher Produkte** mit einem „Klima- und Naturschutzsiegel“, der Konsumenten anzeigt, dass das jeweilige Produkt unter Einhaltung bestimmter Standards hergestellt wurde. Bisher sind wenige private Siegel (z.B. „Stop Climate Change“) auf dem Markt, die allerdings eher auf einen Ausgleich der entstandenen CO₂-Emissionen oder auf Emissionseinsparungen im Verarbeitungsprozess setzen als auf den landwirtschaftlichen Produktionsprozess als solchen. Hier könnten Anreize für die Weiterentwicklung und Neukonzipierung von Siegeln gesetzt werden.

Eine weitere Ansatzstelle für Standards und Zertifizierung bietet die **Bioenergiepflanzenproduktion**, da deren Förderung vor allem im Klimaschutz begründet ist. Die Zertifizierung von Bioenergiestoffen kann freiwillig oder vom Gesetzgeber vorgeschrieben erfolgen. Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (RED 2009) führte verpflichtende Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergeträger ein, die als Transportkraftstoffe und flüssige Bioenergeträger verwendet werden. Im März 2010 präsentierte die Europäische Kommission einen Bericht über die Ausweitung der RED auf alle Bioenergeträger und schlug vor, dass die RED-Kriterien von den Mitgliedsstaaten auf freiwilliger Basis auch auf feste und gasförmige Bioenergeträger ausgeweitet werden könnte. Die Kommission wird diese Entwicklung weiter verfolgen (FRITSCHKE et al. 2012). Für flüssige Biomasse (oder Biokraftstoffe) bestehen daher bereits Standards. Seit 2009 sind Nachhaltigkeitsverordnungen für flüssige Biomasse in Kraft, und seit 2011 in Anwendung. Nach diesen Verordnungen darf nur flüssige Biomasse staatlich gefördert werden, wenn sie bestimmten Nachhaltigkeitskriterien entspricht. EU-weit gibt es 13 anerkannte Zertifizierungssysteme, die sich durch ein jeweils unterschiedliches Niveau von Nachhaltigkeitskriterien unterscheiden. In Deutschland sind die zwei wichtigsten Zertifizierungssysteme ISCC (International Sustainability and Carbon Certification) und REDCert (Renewable Energy Directive Certification System) im Einsatz. Während für Biokraftstoffe also schon ein Zertifizierungssystem besteht, ist dies für feste Biomasse nicht der Fall. Um

Nachhaltigkeitskriterien für den gesamten Biomassesektor zu erwägen, müssten folgende ungeklärte Fragen berücksichtigt werden:

- **Indirekte Landnutzungsänderungen (ILUC):** Durch die Ausdehnung der Produktion von Biomasse für den Bioenergiesektor entstehen Konkurrenzen mit der Produktion von Biomasse für Nahrungs- und Futtermittel um den Faktor Boden (JERING et al. 2012). Die „zusätzliche“ Biomasseproduktion kann entweder durch Intensitätssteigerung auf vorhandener landwirtschaftlicher Nutzfläche realisiert werden oder durch Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf bisher nicht oder nicht mehr genutzte Flächen (wie z.B. Brachen). Für diese Problematik liefern Zertifizierungssysteme bisher keinen Lösungsansatz. Es ist jedoch festzuhalten, dass jeder zusätzliche Flächenanspruch zu indirekten Landnutzungsänderungen führt und die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion sowie der Verlust naturschutzrelevanter Fläche aus Naturschutzsicht generell negativ zu bewerten ist.
- **Flexcrops:** Viele Landwirte entscheiden erst kurzfristig und je nach Marktlage, wofür sie die Ernte benutzen, z.B. ob der Mais als Substrat in der Biogasanlage oder als Futter verwendet wird – hier stellt sich eine Zertifizierung als schwierig dar.
- **Problem der Kontrolle:** Eine weitere ungeklärte Frage ist, wer die Kontrolle der Standards durchführen soll. Angesichts des derzeitigen Personalbestandes der Behörden, die die Einhaltung der Cross Compliance überwachen, ist es kaum denkbar, dass diese die Kontrolle der Standards noch zusätzlich übernehmen.
- **Zertifizierung auf Regionalebene versus einzelbetriebliche Prüfung:** Bisher wird die Produktion z.B. von Raps auf Regionalebene zertifiziert. Dadurch werden aufwändige Vor-Ort-Kontrollen minimiert, andererseits ist die Bewertung stark pauschaliert. Ein Vorteil ist, dass die gesamte Produktionsmenge aus einer Region in die Bioenergieverarbeitung gehen kann und die Produktionsmengen nicht je nach Zertifikat getrennt gelagert und gehandelt werden müssen. Künftig könnte eine einzelbetriebliche Zertifizierung gefordert werden.

Die zentrale Frage, die sich aus diesen offenen Themen ableitet, ist, inwiefern die Produktion von Biomasse zur Energieerzeugung anders behandelt werden sollte als die gewöhnliche landwirtschaftliche Produktion allgemein. Die genannten offenen Fragen lassen sich nur lösen, indem für den gesamten landwirtschaftlichen Bereich Nachhaltigkeitsstandards eingeführt werden, wie dies, wenn auch nur in geringem Maße in CC bereits geschehen ist. Eine Weiterentwicklung dieser Standards wäre zwar möglich, dies ist aber derzeit als unrealistisch einzustufen.

3.5 Fazit: Vielfältige Einflussfaktoren auf die Landwirtschaft

Dieses Kapitel stellte die wesentlichen politischen Steuerungsinstrumente dar, die auf die Möglichkeiten der Landwirtschaft einwirken, das Potenzial ihrer Klima- und Naturschutzfunktionen auszuschöpfen. Aus der Analyse dieses Kapitels lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ziehen.

- Es besteht ein vielseitiges Instrumentarium an politischen Steuerungsmöglichkeiten. Viele Politikinstrumente können genutzt werden, um Synergien zwischen Klima- und Naturschutz in der Landwirtschaft zu fördern.
- Bisher werden Klima- und Naturschutzinstrumente weitgehend getrennt konzipiert. Es bestehen zwar politische Steuerungsinstrumente, die klima- und naturschutzrelevante Ziele gleichzeitig umsetzen. Diese wurden aber nicht explizit zu diesem Zweck entworfen. Die einzigen Politikinstrumente, die Klima- und Naturschutzziele explizit ansprechen, sind die Naturschutzregelungen im EEG.
- Das Potenzial der Landwirtschaft, über ihre Bereitstellung von nachwachsenden

Rohstoffen hinaus zum Klimaschutz beizutragen (durch ihre Senkenfunktion und durch Einsparung eigener Emissionen), ist noch nicht ausgeschöpft. Während in anderen Wirtschaftssektoren vor allem auf den Bereich Treibhausgasemissionsminderung und Energieeffizienz gesetzt wird, fokussiert sich das politische Instrumentarium zum Thema Klimaschutz und Landwirtschaft vor allem auf die Produktion von Biomasse zur Bioenergieproduktion.

- Das Potenzial des bestehenden Instrumentariums im Bereich Klima- und Naturschutzsynergien in der Landwirtschaft ist noch nicht ausgeschöpft, u.a. weil es bisher keine politische Priorität war. Dennoch ist das Bewusstsein durchaus gewachsen. Trotzdem muss hier durch Fokussierung auf weitere Ausschöpfung der Klimaschutzfunktionen der Landwirtschaft nachgebessert werden.
- Die Grundsatzfrage stellt sich, inwiefern es spezielle Instrumente für das Erreichen von Synergien von Klima- und Naturschutz geben sollte, oder ob das bestehende Instrumentarium ausreicht.

4 Effiziente technische Maßnahmen zur Schaffung von Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz in der Landwirtschaft

4.1 Fragestellung und Zielsetzung

Um Synergien im Klima- und Naturschutz in der Landbewirtschaftung zu identifizieren und zu fördern, ist die Ebene des landwirtschaftlichen Betriebes von zentraler Bedeutung. Durch bestimmte Landbewirtschaftungspraktiken können Potenziale des landwirtschaftlichen Klima- und Naturschutzes sowie deren Synergien ausgeschöpft werden. Dieses Kapitel analysiert und bewertet daher bestehende technische Maßnahmen in Hinblick auf ihr Potenzial, zu Synergien im Klima- und Naturschutz zu führen. Als technische Maßnahmen werden alle Teilschritte landwirtschaftlicher Produktionsprozesse verstanden, die sich hinsichtlich der Ziele Natur- und Klimaschutz ausreichend operationalisieren lassen und Ansatzstellen für die unterschiedlichen Steuerungsinstrumente bieten.

Ziel ist es, geeignete Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft zu identifizieren. Geeignet in diesem Sinne sind Maßnahmen mit hohen Reduktionspotenzialen (Klimaschutzziel) bei vorhandenen oder ausbaubaren Synergien mit Naturschutzzielen bzw. einem insgesamt nur geringen Konfliktpotenzial mit anderen Umweltzielen.

Synergiebetrachtungen gehen hier zunächst von den Auswirkungen verschiedener Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft auf Naturschutzaspekte aus. Die Auswirkungen auf den biotischen Naturschutz beruhen überwiegend auf den von diesen Maßnahmen ausgelösten großflächigen Landnutzungsänderungen bzw. Änderungen der Bewirtschaftungsintensitäten. Andere technische Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft beeinflussen die Höhe von Emissionen oder kleinräumigen Stoffbelastungen und haben keine Wirkungen auf die Flächennutzung. Sie wirken sich überwiegend auf abiotische Schutzgüter aus.

Aufgrund des primären Fokus auf klimaschutzrelevante Maßnahmen und deren Wirkung auf den Naturschutz erfolgt die Analyse unterschiedlicher naturschutzrelevanter Maßnahmen hinsichtlich ihrer positiven (oder auch negativen) Auswirkungen auf Klimaschutzziele nur bei hoher Synergierelevanz (z.B. im Bereich der Grünland- und Moornutzung). Es ist jedoch anzumerken, dass auch die Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen mit negativen Wirkungen auf den Klimaschutz verbunden sein kann. Da der Ausgangspunkt der Betrachtungen der vorliegenden Untersuchung jedoch bei den Klimaschutzmaßnahmen liegt, bleiben diese Betrachtungen unberücksichtigt.

Das Kapitel ist folgendermaßen gegliedert. Zunächst wird die Vorgehensweise der Maßnahmenbewertung dargestellt, die ein zweistufiges Auswahlverfahren der technischen Maßnahmen umfasst. Die dabei ausgewählten technischen Maßnahmen werden vorgestellt und kurz diskutiert.

4.2 Vorgehensweise

4.2.1 Identifizierung von bestehenden Maßnahmen in der Landwirtschaft mit Klimaschutzbezug

Die Analyse und Bewertung von technischen Maßnahmen mit Klimaschutzbezug in der Landwirtschaft zur Identifizierung von Synergien bzw. Konflikten mit Naturschutzkriterien erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurde eine Übersicht von fast 100 technischen Maßnahmen in der Landwirtschaft mit Klimaschutzbezug erstellt, einschließlich einer ersten, in der Literatur vorhandenen Bewertung hinsichtlich Wirkungsart, Wirkungsumfang sowie potenziellen Synergien. Dabei wurden technische Maßnahmen berücksichtigt, die als

Managementhandlungen innerhalb landbaulicher Verfahren ökosystemare Prozesse beeinflussen und sowohl gleichzeitig auf Klimaschutzziele als auch auf biotische und abiotische Naturschutzfunktionen wirken.

Ziel dieser Zusammenstellung ist es, eine Auswahl möglicher technischer Maßnahmen in den landwirtschaftlichen Bereichen Pflanzenbau und Tierhaltung mit ihren Wirkzusammenhängen auf Klima- und Naturschutzaspekte darzustellen. Im Bereich des Pflanzenbaus sind Maßnahmen der Bodennutzung (Anbaukulturen, deren Umfang und Verwendung) und der Bodenbearbeitung (spezielle Ausgestaltung der Verfahren) zu unterscheiden. Das Spektrum geht hier vom Anbau von Biomasse zur Energieerzeugung über den Umgang mit Reststoffen sowie Grünland- und Moorschutz bis zu speziellen Techniken der Düngerausbringung. In der Tierhaltung sind Haltungsformen und Fütterung sowie der Umgang mit Wirtschaftsdüngemitteln zur Reduzierung oder Vermeidung von THG-Emissionen aus der Landwirtschaft von Bedeutung.

4.2.2 Priorisierung und Auswahl der Maßnahmen

Nach dieser ersten Zusammenstellung von einschlägigen technischen Maßnahmen erfolgte als zweiter Schritt eine Auswahl an Maßnahmen, die sich durch mindestens eines der folgenden Auswahlkriterien auszeichnen:

- eine besondere Relevanz im Themenfeld Synergien im Klima- und Naturschutz,
- ein maßgeblicher Flächenbezug,
- eine große, aktuelle Verbreitung sowie
- ein hohes THG-Vermeidungspotential.

Daneben sollten die ausgewählten Maßnahmen nicht bereits durch die Einhaltung der „guten fachlichen Praxis (GfP)“¹⁰ abgedeckt werden, sondern es sollte ein deutlicher zusätzlicher Effekt von diesen ausgehen.

Als nächstes wurden die ausgewählten technischen Maßnahmen in ihren Auswirkungen auf die verschiedenen Synergiefelder Klima, Natur und landwirtschaftliche Betriebe in einer Übersicht gegenübergestellt, wobei folgende Aspekte näher kategorisiert wurden:

1. Auswirkung auf den Klimaschutz (wenn möglich eine Quantifizierung der THG-Vermeidung pro ha und Jahr und Vermeidungskosten)
 - Substitution von Emissionen in anderen Sektoren (NawaRo),
 - Senkenfunktion der landwirtschaftlichen Flächen,
 - Verminderung von THG (aus der LW).
2. Auswirkung auf den Naturschutz: Qualitative Analyse anhand
 - biotischer (z.B. Arten- und Biotopschutz, Biodiversität) und
 - abiotischer Schutzgüter (Grundwasserschutz, Bodenschutz, Landschaftsbild, Retentionsfunktion der Landschaft (Rückhalt von Wasser und Nährstoffen in Pufferspeichern), Minderung der Gefahr von Nährstoffeinträgen in Gewässern).
3. Auswirkung auf die Landwirtschaft
 - Kosten für Landwirte und
 - Kosten der Umsetzung (inkl. Information und Akzeptanz).

¹⁰ Die Angabe „gute fachliche Praxis (GfP)“ wird sowohl in landwirtschaftlichen Fachgesetzen (Pflanzenschutzgesetz, Düngemittelgesetz und entsprechenden Verordnungen) als auch im Bodenschutz- und Naturschutzgesetz verwendet und gibt dem Landwirt Vorschriften vor, die bei der Bewirtschaftung einzuhalten sind.

4.3 Ergebnisse / Auswahl technischer Maßnahmen

Im Folgenden werden die ausgewählten 17 technischen Maßnahmen zum Klimaschutz (siehe Tab. 4) unter Berücksichtigung relevanter Studien und Einschätzungen möglicher Synergieeffekte sowie weiterführender Literatur beschrieben. Die dabei entstandenen Kurzsteckbriefe der untersuchten Maßnahmen werden mit Angaben zu den wesentlichen Kriterien im Anhang aufgeführt.

Die folgenden technischen Maßnahmen wurden ausgewählt und mit Hinblick auf ihre Natur- und Klimawirkung bewertet. Den ersten Bereich (Nr. 1 – 8) bilden Maßnahmen mit dem Ziel der regenerativen Energieerzeugung (Biomasseproduktion und Verwertung) und dem Schwerpunkt auf der Substitution von fossilen Energieträgern. Den zweiten Bereich (Nr. 9 – 12) bilden Maßnahmen mit dem Schwerpunkt auf der Vermeidung bisheriger THG-Emissionen in Produktionsprozessen der Landwirtschaft. Im dritten Bereich (Nr. 13 – 17) werden Maßnahmen beschrieben und bewertet, welche ihren Schwerpunkt in der Erhaltung/Sicherung der Senkenfunktion landwirtschaftlich genutzter Böden haben.

Tab. 4: Ausgewählte technische Maßnahmen

Bereich 1	
1.	NawaRo Anbau für Biogasanlagen
2.	Förderung der Fruchtartenvielfalt durch a) Anbau mehrjähriger Kulturen (vor allem bei NawaRo) b) Anbau von Zwischenfrüchten / Untersaat/ Mischkulturen
3.	Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen
4.	NawaRo-Anbau für die Produktion von Biodiesel (Kraftstoffe)
5.	NawaRo-Anbau für die Produktion von Bioethanol (Kraftstoffe)
6.	Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen
7.	Anbau von schnellwachsenden Hölzern auf Ackerflächen (KUP)
8.	Thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen
Bereich 2	
9.	Management Wirtschaftsdünger: a) ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger b) Abdeckung Mist-/Gülle-/Gärrest- Lagerstätten
10.	Emissionsarme, bodennahe, abdriftarme, präzise Ausbringungsverfahren
11.	Umstellung auf Ökologischen Landbau
12.	Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs
Bereich 3	
13.	Humusanreicherung durch a) Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen und b) konservierende, reduzierte Bodenbearbeitung, c) Direkt-, bzw. Mulchsaat
14.	Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta)
15.	Erhalt von Dauergrünland
16.	Extensivierung der Grünlandnutzung (auf moorigen- /anmoorigen- Standorten) Extensivierung der Moornutzung inkl. Paludikulturen
17.	Moorrenaturierung /Wiedervernässung/

Die Reihenfolge der ausgewählten Maßnahmen in der vorgelegten Übersicht entspricht dabei nicht einer Rangfolge oder einer Empfehlung. Anhand der vorgestellten Indikatoren und Bewertungskriterien können die Maßnahmen jedoch mit Hilfe weiterer übergeordneter Zielsysteme gewichtet werden.

Bereich 1: Maßnahmen-Schwerpunkt auf der Energieerzeugung: Biomasseproduktion und Verwertung zur Substitution von fossilen Energieträgern

Die Maßnahmen 1 – 8 können unter dem Begriff der energetischen Biomassenutzung zum Ersatz fossiler Energieträger (Substitutionsfunktion) zusammengefasst werden. Die Möglichkeiten der energetischen Biomassenutzung sind vielfältig und unterscheiden sich hinsichtlich Treibhausgasminderungspotential und Naturschutzrelevanz. Im Folgenden werden wesentliche aktuell verwendete Biomasse-Verwertungswege mit den zugehörigen Kulturarten und Anbauverfahren unter diesen beiden Aspekten beschrieben. Biomasse umfasst dabei sowohl eigens als nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) angebaute Kulturpflanzen als auch biogene Reststoffe die in den landwirtschaftlichen Produktions- und Verarbeitungsverfahren anfallen. Im Fall ihrer Nicht-Verwertung als Nahrungs- oder Futtermittel können Getreide, Mais, Raps, Sonnenblumen, Zuckerrüben, Gräser oder der Aufwuchs von Grünlandflächen sowie Waldrestholz, Pappeln, Weiden u.a. unter der Bezeichnung NawaRo subsummiert werden.

Zu den nachwachsenden Rohstoffen werden nicht nur Energiepflanzen, sondern im Allgemeinen auch biogene Rohstoffe zur stofflichen Nutzung gezählt. Die biogenen Reststoffe lassen sich entsprechend ihrer Herkunft Landwirtschaft (Ernterückstände wie Stroh, Gülle, etc.), Forstwirtschaft (Schwachholz, Waldrestholz, etc.), Landschaftspflege (Grünschnitt, Gehölzschnitt etc.) sowie Tierkörperverwertung (Schlachtabfälle, Tierfette, etc.) unterteilen. Ein Vergleich der Treibhausgasemissionen im Verlauf des Lebenswegs von biogenen Rohstoffen zur stofflichen Nutzung (z.B. Ölpflanzen, Faserpflanzen oder stärkehaltige Pflanzen) mit denen herkömmlicher Produkte auf Basis fossiler Rohstoffe ist aufgrund eines zum jetzigen Zeitpunkt noch geringen Flächenanteils von unter 10% im Vergleich zur Anbaufläche von reinen Energiepflanzen (FNR 2014) sowie nur schwer definierbarer Systemgrenzen - welche eine eigene Untersuchung beanspruchen würden - nicht Gegenstand der folgenden Analysen.

Biomasse zur Erzeugung von Bioenergie kann entsprechend ihrer Beschaffenheit in biogene Festbrennstoffe, biogene gasförmige Brennstoffe, biogene flüssige Brennstoffe sowie biogene Kraftstoffe eingeteilt werden. Die in dem Bericht vorgenommene Einteilung der Biomasse berücksichtigt aufgrund der stärkeren politischen Adressierbarkeit in Klimaschutzprogrammen (Substitutionsziele der Bundesregierung) zusätzlich analog der Struktur der Endenergiebereitstellung die Form der energetischen Nutzung als Strom, Wärme oder Kraftstoff.

Im Konzept der Vermeidungskosten sind sowohl die Produktionskosten als auch die THG-Bilanzen der Alternativlinie von Bedeutung. Ein hoher Energieaufwand während der Produktion und Verarbeitung kann daher ebenso die Vermeidungskosten in die Höhe treiben wie eine nicht vollständige Verwertung des Endproduktes. Wesentlich bei der Bewertung sind daher Systemabgrenzungen und die Berücksichtigung der eingesetzten Technologien (vgl. hierzu den Bericht des WISSENSCHAFTLICHEN BEIRATS FÜR AGRARPOLITIK (WBA) 2007).

4.3.1 Anbau von NawaRo für Biogasanlagen

Anbauverfahren von NawaRo zur Produktion von Biogas bilden einen Schwerpunkt der aktuellen Biomassenerzeugung in Deutschland. Bei der im folgenden beschriebenen Maßnahme wird der NawaRo-Begriff entsprechend des im EEG 2005 neu eingeführten NawaRo-Bonus auf Energiepflanzen angewendet, welche in einer Biogasanlage zum Einsatz kommen und dort in Fermentern von Bakterien unter Luftabschluss vergoren werden. Das entstehende Biogas besteht vorwiegend aus Methan und wird in Generatoren zur Strom- und Wärmeproduktion eingesetzt oder nach seiner Reinigung direkt in das Gasnetz eingespeist. Die Direkteinspeisung ermöglicht dabei eine Entnahme des Biogases an geeigneten Stellen

(Wärmesenken, Umwandlung des Biogases in Treibstoff), so dass der Effizienzgrad entscheidend gegenüber Anlagen, die ohne ausreichende Wärmenutzung konzipiert wurden, verbessert werden kann.

Unter den NawaRo-Anbaukulturen für Biogasanlagen werden bisher überwiegend einjährige Kulturen wie Mais (bis zu 90% des Energiepflanzenanbaus) und Getreideganzpflanzensilagen eingesetzt, da sie unter den aktuellen Rahmenbedingungen (EEG-Förderung, Methanhektarertrag, Einsatzfähigkeit u.a.) die ökonomisch vorzüglichsten Biogassubstrate darstellen. Die Konflikte durch die Ausdehnung von NawaRo und hier speziell Mais sind in den letzten Jahren bereits ausführlich diskutiert worden (SRU 2007, WWF 2009).

Die Minderungskosten liegen bei silomaisbasierten Biogasanlagen zur Strom- und Wärmeproduktion bei 267 €/t CO₂Äq, (und deutlich darüber bei fehlender Wärmenutzung 378 €/t CO₂Äq). Wesentlich günstiger dagegen - bei nur 52 €/t CO₂Äq - liegen die Minderungskosten bei der Verwertung von Reststoffen als Ausgangsbiomasse und auch bei der Erzeugung von Kraftstoff aus Biogas (bei 173 €/t CO₂Äq) (WBA 2007). OSTERBURG et al. (2009) weisen in ihrer Studie auf die Schwierigkeit hin, CO₂-Vermeidungskosten exakt zu ermitteln. In Abhängigkeit von den verschiedenen Bioenergie-Linien kann die THG-Bilanz im Extremfall auch negativ sein (Maisbasierte Biogasanlagen ohne Wärmenutzung).

Die aktuell unter diesen Umständen (überwiegender Maiseinsatz) auftretenden hohen Vermeidungskosten bei der Produktion von Biogas machen deutlich, dass die Gesellschaft, bei Konzentration auf günstigere Nutzungspfade eine mindestens zwei- bis dreifache Menge an Klimaschutz zum gleichen Preis erzielen könnte.

Des Weiteren ist der Beitrag, den eine Biogaserzeugung auf Basis des Energiepflanzen-Anbaus zur Substitution fossiler Energieträger leisten kann, auch bei einer massiven Ausdehnung begrenzt. In den Berichten zum Monitoring der Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse kommt der WBA (2011) - ausgehend von dem aktuellen Biogas-Beitrag von ca. 1% zur Primärenergieerzeugung (wovon 80% aus der Nutzung von NawaRo stammen) - zu der Einschätzung, dass selbst wenn der Anbau von NawaRo-Biogas auf 1/3 der deutschen Ackerfläche ausgedehnt würde, damit nur 8% der Strom- bzw. 4% der Primärenergie erzeugt werden könnte. Durch den Anbau von Kulturpflanzen für Biogasanlagen entstehen in der Landwirtschaft Nutzungskonkurrenzen und Opportunitätskosten. NawaRo konkurrieren um Flächen für Nahrungsmittel, Tierfutter, industrielle Grundsubstanzen und Naturschutz. Der Flächenanspruch beläuft sich allein für Energiepflanzen für Biogasanlagen auf ca. 1 Mio. ha (2011); für 2030 wird ein geringer Anstieg auf ca. 1,2 Mio. ha erwartet (SRU 2007, BMU 2009).

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass - wird die Verhinderung internationaler indirekter Landnutzungseffekte (leakage effects) berücksichtigt, die Vermeidungskosten noch einmal deutlich anzuheben sind (SRU 2007, DBFZ 2011).

Infolge der starken Konkurrenzen bieten Biogassilagen aus Silomais und Ganzpflanzen - obwohl ertragreich - bei der Betrachtung von Synergien geringere Möglichkeiten. Insgesamt werden für die gleiche Menge THG-Verminderung zwar weniger Flächen benötigt, die relativ hohe Intensität der Flächennutzung beinhaltet jedoch ein zusätzliches Risiko. Vor allem die Ernte der gesamten oberirdischen Masse, welche den hohen Effizienzvorteil begründet, ist unter dem Aspekt des Bodenkohlenstoffhaushalts kritisch zu betrachten (UBA 2009). Im Falle einer Rezyklierung der Gärsubstrate mit teilweisem Ausgleich der Humusbilanz ist zu berücksichtigen, dass mit der verbesserten N-Verfügbarkeit der Gärsubstrate auch eine größere Auswaschungsgefahr verbunden sein kann, welche hohe Anforderungen an

Ausbringungszeitpunkt und -technik stellt (JÄKEL UND MAU 1999, ROSCHKE UND PLÖCHL 2006). Die abiotische Wirkung der Nährstoffauswaschung durch Bodenerosion stellt beim Maisanbau ein großes Problem dar (OSTERBURG et al. 2007).

Aufgrund der ökonomischen Vorzüglichkeit weniger Anbaukulturen werden die Fruchtfolgen weiter vereinheitlicht. Es besteht dabei das Risiko des Rückganges der faunistischen und floristischen Artenvielfalt durch die Intensivierung der Flächennutzung, z.B. durch die Umwidmung ehemaliger Stilllegungsflächen, Grünlandumbruch und den Verlust von Kleinstrukturen in der landwirtschaftlichen Flur (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2010, 2013). Für den Mais hat sich bezüglich der Biodiversität gezeigt, dass die Artenvielfalt auf dem Acker bei maisbetonten Fruchtfolgen auf ein Drittel bis ein Viertel im Vergleich zu vielfältigen Fruchtfolgen reduziert wird. Da für den Maisanbau weiterhin die Tendenz zum großflächigen Anbau besteht, ist von negativen Auswirkungen auf das Schutzgut Biodiversität auszugehen (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2010, 2013).

Auf der anderen Seite bieten sogenannte „alternative“ Energiepflanzen die Option zur Diversifizierung von Fruchtfolgen (z.B. in reinen Getreidebaulandschaften) (EULENSTEIN UND MENNERICH 2011). Sind mit diesen neuartigen Anbauverfahren - infolge geringerer Qualitätsansprüche an das Ernteprodukt - verminderte Produktionsintensitäten verbunden, können Synergien mit Naturschutzanforderungen entstehen (vgl. Kap. 4.3.2).

4.3.2 Förderung der Fruchtartenvielfalt durch a) Anbau mehrjähriger Kulturen (vor allem bei NawaRo für Biogas) b) Anbau von Zwischenfrüchten / Untersaat/ Mischkulturen

Der NawaRo-Anbau für Biogasanlagen oder andere Bioenergieanlagen ermöglicht den Einsatz neuartiger Kulturarten und Produktionsverfahren, da für energetische Umwandlungsprozesse (Methanisierung, Verbrennung, Pyrolyse, etc.) andere Qualitätsanforderungen gelten als in der Human- und Tierernährung. Der Einsatz von a) mehrjährigen Kulturen (z.B. Topinambur, Durchwachsene Silphie, mehrjährige Leguminosen, KUP (Pappeln und Weiden; Details hierzu unter Maßnahme Nr. 6) oder mehrjährige Gräser (Rohrglanzgras, Rutenhirse, Miscanthus)) wird als Maßnahme mit einem Potential angesehen, das gleichermaßen positiv auf den Klima- sowie den Naturschutz wirken kann (PETERS et al. 2008, SCHÜMANN et al. 2011). Neben dem Substitutionseffekt bei einer energetischen Nutzung des Aufwuchses kann als positiv angesehen werden, dass bei mehrjährigen Kulturen über mehrere Jahre keine Bodenbearbeitung stattfindet, so dass die CO₂ Freisetzung herab gesetzt wird (GÖDEKE UND HOCHBERG 2009, STRAUß et al. 2009, FRELIH-LARSEN et al. 2008).

Auch der Anbau von Zwischenfrüchten, Untersaaten und Mischkulturen trägt zu einer höheren Fruchtartenvielfalt bei. Auf einer Fläche und in derselben Vegetationsperiode erfolgt eine wechselnde Bewirtschaftung, entweder durch:

- a) die gleichzeitige Saat einer zweiten Frucht zusätzlich zu einer früh erntereifen Hauptfrucht (Deckfrucht),
- b) den Anbau von zwei oder mehr Kulturen in abwechselnden Reihen auf nebeneinanderliegenden Streifen unterschiedlicher Breite, oder
- c) den Anbau von mehreren Kulturen in verschiedenen Schichten (Untersaat).

Sofern bei diesen die Möglichkeit einer energetischen Nutzung (bei guten Standortbedingungen und hoher Produktivität des Bodens) besteht, sind positive Klimaeffekte durch die Vermeidung von THG-Emissionen (durch die Substitution fossiler Brennstoffe) zu erwarten. Die verschiedenen Arten unterscheiden sich bei diesen Anbauverfahren recht deutlich in der Aufwuchsleistung, der Durchwurzelungsintensität und

Durchwurzelungstiefe. Daher ist die Auswahl der Kulturen entscheidend für das jeweilige Ergebnis.

Zwischen- und Unterfrüchte können als schnellwachsende Pflanzen („catch crops“) mineralischen Stickstoff aus dem Boden aufnehmen und durch diese Bindung einer Auswaschung entgegenwirken. Dieser Stickstoff wird nach der Einarbeitung freigesetzt und steht der nachfolgenden Hauptkultur zur Verfügung. Die Aufnahme von Produktionsverfahren, welche durch einen geringen mineralischen Düngereinsatz – infolge der Integration von Leguminosen (s. Kap. 4.3.12) und reduzierter Bodenbearbeitung gekennzeichnet sind, besitzen ein beachtliches THG-Minderungspotential. Zusätzlich wird Kohlenstoff im Boden gebunden, wobei dies jedoch von Reversibilität geprägt ist (NABU 2010b).

FRELIH-LARSEN et al. (2008) sehen global ein THG-Minderungspotential (nach SMITH et al. 2008) infolge der durch mehrjährige Kulturen ausgelösten Extensivierungen von Ackerland in Höhe von 1,69 - 3,04 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹ in Abhängigkeit der Klimazone; als Effekt der Einsparung von Mineraldünger und Anhebung des Boden-C-Gehalts. Die mögliche Erhöhung des Bodenkohlenstoffgehalts ist dabei abhängig von den angebauten Grasarten und den regional spezifischen Boden- und Klimabedingungen. Einen bedeutenden Beitrag leisten hier auch die Verminderungen von N₂O- Emissionen in Höhe von 2,3 t CO₂Aq ha⁻¹ a⁻¹). Auf deutschen Flächen sieht GATTINGER (2010) mögliche Minderungspotentiale infolge von Mineraldüngersubstitution und C-Sequestrierung über den Anbau mehrjähriger Leguminosen/Gräser bei 0,6 bis > 1,0 t C/ha und Jahr. Als Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte (Humus-C ha/a) ackerbaulich genutzter Böden werden hier angegeben: Körnerleguminosen 160-240 kg, Luzerne/Klee gras 600-800 kg, Stoppelfrüchte 80-120 kg und Untersaaten 200-300 kg.

Dauerkulturen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen sind im Energiepflanzenvergleich trotz bekannter Positivwirkungen bislang Nischenprodukte (WIRKNER 2011, NBBW 2008). Im ökologischen Landbau könnten sich Gras-Leguminosen-Gemenge als Energiepflanzen etablieren, da sie zusätzlich eine Stickstoffquelle für die nachfolgende Marktf Frucht darstellen. (EVA-VERBUND 2009a, VETTER et al. 2009, FNR 2010b).

Die energetische Verwertung der Dauerkultur **Miscanthus** (Elefantengras) wird aufgrund einer hohen Gesamteffizienz über die Verwertungskette als positiv bewertet. Seitens vieler Akteure wird davon ausgegangen, dass die Pflanze in den nächsten Jahren eine zunehmende Verbreitung finden wird (NBBW 2008; EUtech Energie & Management 2008). Infolge einer hohen verwertbaren Biomasseproduktion pro Flächeneinheit erreicht Miscanthus ein THG-Minderungspotential von 10-36 t CO₂Aq ha⁻¹ a⁻¹ (PUDE 2012). Derzeit sind für die energetische Nutzung von Miscanthus keine ausreichenden Planungsdaten verfügbar (KTBL 2010). Miscanthus wurde im Jahr 2009 in Deutschland auf ca. 2000 ha angebaut (GERMANN GMBH 2009). Nutzungskonkurrenzen bei der Anlage von Dauerkulturen mit Kurzumtriebsplantagen oder Miscanthus auf Grünlandflächen führen zu Konflikten mit Naturschutzaspekten. Bei der Umwandlung von mesotrophem und extensivem Grünland bestehen erhebliche Konflikte mit dem Artenschutz. Die Anlage dieser Dauerkulturen auch auf Flächen mit intensiv genutztem Auengrünland stellt keine aus ökologischen Gründen erwünschte Extensivierung dar, da hiermit eine starke Artenverschiebung verbunden ist (NBBW 2008).

Anlagekosten von Dauerkulturen sind im Vergleich zu annuellen Kulturen grundsätzlich höher zu veranschlagen. Für Miscanthus werden 3000 €/ha angegeben (ITADA 2009). Zusätzlich werden die Anfangsinvestitionen von noch wenig verbreiteten Dauerkulturen wie der **Durchwachsenen Silphie**, für welche ab dem zweiten Anbaujahr ein sehr hoher Methanhektarertrag erwartet wird, dadurch belastet, dass im Handel noch kein Saatgut

verfügbar ist und wesentlich teurere Jungpflanzen gepflanzt werden müssen. Während einer mindestens 10jährigen Ernteperiode der Pflanzen können die verhältnismäßig teuren Etablierungs- und Pflanzungskosten dieser Dauerkulturen später amortisiert werden (ITADA 2009, DZIEWIATY UND BERNARDY 2010).

Auch bei Dauerkulturen wie Ackergräsern belasten relativ hohe Kosten die Wirtschaftlichkeit. Je ha kann der Biogasertrag von Grassilage denjenigen von Maissilage durchaus erreichen. Für gute Erträge und hohe Gasausbeuten in der Biogasanlage sind jedoch vier- bis fünf Schnitte pro Jahr erforderlich. Aufgrund der höheren Bergungskosten ist Gärsubstrat vom Grünland oft wesentlich teurer als solches aus Silomais. Bei überwiegender Erzeugung von Anweilsilage (AWS) aus Klee gras bzw. aus Luzernegras liegen die Herstellungskosten mit 1025 €/ha bzw. rd. 950 €/ha deutlich unter denjenigen bei der Maissilageproduktion (1200 €/ha). Die höheren Biomasseerträge von Mais führen jedoch zu dessen spezifischen Kostenvorteilen 11,5 €/dt Nettotrockenmasse bzw. 0,18 €/10 MJ NEL) (DZIEWIATY UND BERNARDY 2010).

Der Anbau ausdauernderer Ackerfuttermischungen kann jedoch auf grundwassernahen Standorten interessant sein, wo Sommerungen wie Mais oder Hirse ihre ertraglichen Vorteile infolge von Abreife- und Ernteproblemen im Herbst einbüßen. Eine Verwendung standortangepasster Ackerfuttermischungen für die energetische Nutzung (mehrjähriger Ackergras- und Leguminosen-Gras-Gemenge) kann hier ebenfalls hohe Trockenmasseerträge je Hektar zulassen. Eine reduzierte Schnittfrequenz führt zu geringfügig sinkenden TM-Erträgen. Der Deckungsbeitrag geht meist deutlicher zurück, da die Gasausbeuten je kg TM bei älterem Erntegut geringer sind. Im maritimen Klima bieten Weidelgras-betonte Mischungen Vorteile, während die Luzernegrasmischungen eher auf trockenen Standorten überzeugen (FRELIH-LARSEN et al. 2008, EVA-VERBUND 2009b).

Die Maßnahme kann insgesamt zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit durch dichte Durchwurzelung und Anreicherung mit organischer Substanz sowie zu mehr Strukturvielfalt und einem abwechslungsreicheren Landschaftsbild durch verschiedene und neuartige Kulturen beitragen (UCKERT et al. 2007).

4.3.3 Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen

Landwirtschaftliche Reststoffe wie Gülle, Festmist, Maisstroh, Getreide aus der Getreidereinigung und viele weitere biogene Reststoffe können in Biogasanlagen verwertet werden. Bei hohen Trockenmasseanteilen der Reststoffe sind zur effizienten Biogaserzeugung besondere Verfahren der Feststoffvergärung (Trockenvergärung) und Vorbehandlungen bei der Nassfermentation erforderlich (LINKE et al. 2006). Vor allem der zusätzliche Behandlungsschritt der Vergärung bei Wirtschaftsdüngern durch eine Biogasanlage bedeutet bei gleichzeitiger Energieproduktion (Substitution) eine erhebliche Verminderung der Methanemissionen während der Lagerung. Dies hängt mit einem im Vergleich zum unbehandelten Zustand wesentlich geringeren Gehalt an leicht abbaubarem Kohlenstoff zusammen (OSTERBURG et al. 2009). In diesem Zusammenhang soll darauf hingewiesen werden, dass mit der Methanproduktion aus organischen Reststoffen ein Abbau von Kohlenstoff verbunden ist und dieser dem Kreislauf entzogen wird. Dies ist in Humusbilanzen zu berücksichtigen.

Der Beitrag von Wirtschaftsdüngern und Abfällen zur Biogasproduktion liegt bei je 10% (WBA 2011). Bei der Biogaserzeugung aus Gülle lassen sich rund 1.250 g CO_{2Äq} / kWh_{el} einsparen, im Vergleich dazu 453 g CO_{2Äq} / kWh_{el} bei der Biogaserzeugung aus Silomais in Kraft-Wärme-Kopplung (WBA 2007). Die THG-Minderungskosten liegen bei 52 €/t CO_{2Äq} (WBA 2007).

Das jährliche Treibhausgas-Minderungspotenzial durch energetische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen wird als bedeutend eingeschätzt (MÜHLENHOFF 2013a). Bei derartigen Überlegungen ist jedoch die in Konkurrenz stehende stoffliche Nutzung mit einzubeziehen. In der Reststoffnutzung wird daher innerhalb von Lebenszyklen eine Kaskadennutzung priorisiert, die eine der stofflichen Verwertung nachgelagerte energetische Nutzung vorsieht.

In Hinsicht auf Naturschutzaspekte bietet die energetische Reststoffnutzung gegenüber dem Einsatz von NawaRo in Biogasanlagen den Vorteil, dass hiermit zwar Treibhausgasemissionen gesenkt, jedoch keine zusätzlichen Flächen gebraucht werden und ein Einsatz von Produktionsmitteln für die Biomasseerzeugung entfällt.

4.3.4 Erzeugung von Biodiesel auf landwirtschaftlichen Flächen

Biodiesel gehört zu den Agrartreibstoffen und wird durch Umesterung von Pflanzenölen mit Hilfe von Methanol hergestellt. Diese Pflanzenöle werden vorher durch Extraktion aus angebauten Ölpflanzen wie Raps, Sonnenblumen etc. gewonnen. In Deutschland wurden 2012 auf 746.000 ha der landwirtschaftlich verfügbaren Flächen Raps für Biodiesel/Pflanzenöl angebaut (FNR 2013). Insgesamt ist der Absatz von reinem Pflanzenöl zurzeit abnehmend (2011: 61.000 t; Vorjahr: 100.000 t).

Wesentlicher Treiber zur Biodieselproduktion sind die Beimischungsquoten in der EU, die einen Anteil an alternativen Kraftstoffen in Höhe von 10% am gesamten Kraftstoffverbrauch ab 2020 festlegen (ca. ein Drittel Bioethanol und zwei Drittel Biodiesel). Gegenwärtig gilt in Deutschland eine Biokraftstoffquote von 6,25%. Ab dem Jahr 2015 soll diese Biokraftstoffquote durch die Pflicht zur Senkung der Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs um zunächst nur 3% abgelöst werden. Als nachfrageorientiertes Förderinstrument haben die Beimischungsquoten u.a. dazu geführt, dass der Anbauumfang von Raps in Deutschland ein Niveau von ca. 1,1 Mio. ha erreicht hatte (FNR 2013). Bei Einführung des Instruments zu Grunde gelegte potentielle Minderungspotentiale für eine dauerhafte Einsparung von THG bewegten sich, ausgehend von einer Anbaufläche von 1 Million Hektar Biodiesel-Raps, zwischen netto 0,2% und 0,5% der deutschen CO₂-Emissionen (Stand 1995) (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 1999: 35). Aktuelle Studien gehen infolge von Lebenszyklusanalysen jedoch von einem wesentlich geringerem Einsparpotential aus (WBA 2007).

Aufgrund der nur geringen Gesamteffizienz der Biodieselproduktion bei hoher Intensität der Flächennutzung und wenig kontrollierbarer Verlagerungseffekte gilt eine positive Klimaschutzwirkung seit einigen Jahren in der wissenschaftlichen Erörterung als noch nicht abschließend geklärt. Besonders die Gefahr der Freisetzung klimawirksamer Gase während der Primärproduktion durch Produktionsverfahren mit hoher Betriebsmittelintensität (insbesondere ertragsbezogenes N-Düngungsniveau sowie Pflanzenschutz) sowie ausgelöste direkte und indirekte Landnutzungsänderungen (und hier oft auf Flächen, die bisher nur sehr extensiv bzw. überhaupt nicht landwirtschaftlich genutzt wurden) wirken sich negativ aus (SRU 2008).

In einer volkswirtschaftlichen Betrachtung einer Biodieselanlage mit einer Kapazität von 100.000 t/a wurden THG-Vermeidungskosten von rund 175 €/t CO₂Äq ermittelt (WBA 2007).

Bei großflächigem Rapsanbau bestehen die Risiken einer Einengung von Fruchtfolgen, einer Intensivierung der Bodennutzung sowie die Gefahr einer hohen Nitratauswaschung im Herbst aufgrund des hohen Rest N_{min} im Boden nach Rapsanbau, was zu einer möglichen Belastung des Grundwassers beitragen kann (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2010, 2013). Als positiver Effekt auf das Landschaftsbild werden der leuchtend gelbe Blühaspekt

und Bienenweide im Frühsommer genannt (DRL 2006). Als Winterfrucht mit dichtem Bestand im Frühsommer weist Raps nur ein geringes Erosionsrisiko auf (REINHARDT UND SCHEUERLEN 2004). Insbesondere auf ackerbrütende Vogelarten wirkt sich der dichte Bestand jedoch negativ aus, da diese dort keine erfolgreiche Brut mehr durchführen können (DZIEWIATY UND BERNARDY 2007).

4.3.5 Erzeugung von Bioethanol aus landwirtschaftlichen Anbauprodukten

Die Gewinnung von Treibstoff in Form von Bioethanol entsteht bei der Vergärung von in Pflanzen enthaltenen Zuckern bzw. aus stärkehaltigen Produkten (wie z.B. Getreide, Zuckerrüben, Kartoffeln, etc.). Ob die Herstellung von Biokraftstoffen mit einer positiven Klimabilanz verbunden ist, wurde in der wissenschaftlichen Diskussion noch nicht abschließend geklärt, da klimawirksame Gase, die während der Primärproduktion freigesetzt werden, die klimaentlastenden Wirkungen von Biokraftstoffen (Substitutionswirkung gegenüber Erdöl) überkompensieren können. Diese Gefahr besteht vor allem, wenn die Produktionsverfahren der Energiepflanzen mit hoher Betriebsmittelintensität (insbesondere bei ertragsbezogenen hohen N-Düngungsniveaus) verbunden sind und direkte und indirekte Landnutzungsänderungen einbezogen werden (SRU 2008, FARGIONE et al. 2008, CRUTZEN et al. 2008).

Aufgrund der Beimischungsquote - jedoch entgegen der Planung bis 2014 - soll Super-Benzin „E 10“ seit 2010 statt 10% nur 6,25% Bioethanol enthalten. Aufgrund der aktuellen Beimischungspraxis stieg der Beitrag zur Energieproduktion - bzw. der Anteil am Biokraftstoffverbrauch - von Bioethanol von 0,9 Mio. t auf 1,1 Mio. t. Dafür werden vor allem Getreideflächen verwendet: In den Jahren 2010 und 2011 waren dies ca. 250.000 ha (BIOGASRAT 2011; FNR 2013). Das Potential für den Ausbau der Bioethanolerzeugung umfasst auch die verfügbaren Flächen des Zuckerrübenanbaus. Der Biogasrat rechnet in Szenarien mit Flächen für Ethanolrüben von 0,19 Mio. ha bzw. 0,59 Mio. ha (BIOGASRAT 2011). Zurzeit werden ca. 0,45 Mio. ha für Zuckerrübenproduktion genutzt, wobei 1,8 Mio. ha der gesamten Ackerfläche als für den Zuckerrübenanbau geeignet gelten. Bei Überschreitung von 0,6 Mio. ha stößt der Zuckerrübenanbau in Deutschland jedoch an pflanzenbaulich empfohlene Fruchtfolgegrenzen (SCHLEGEL et al. 2005).

Theoretisch kann gegenüber Ottokraftstoff eine Minderung der THG-Emissionen bis zu 70% erreicht werden. Entsprechend konnten im Jahr 2010 durch die Nutzung von Biokraftstoffen 7,2 Mio. t CO₂ bzw. 5,2 Mio. t CO₂-Äquivalente eingespart werden (1 Liter Ethanol ersetzt ca. 0,66 l Ottokraftstoff, die Flächenleistung von ca. 2.530 l Bioethanol pro ha entspricht somit nur 1.650 l/ha Ottokraftstoffäquivalent.) Je nach Produktionsverfahren und nachgelagerter Prozesskette sind Minderungskosten zwischen 250 - 1.700 €/t CO₂Äq verbunden (LEIBLE et al. 2009).

Volkswirtschaftliche Analysen des WISSENSCHAFTLICHEN BEIRATES FÜR AGRARPOLITIK (2007) einer Bioethanolanlage auf Weizenbasis in der Größenordnung 200.000 t/a lassen THG-Minderungskosten von 459 €/t CO₂Äq erwarten. Zu beachten hierbei ist, dass abweichende technologische Verfahren und unterschiedliche Bilanzierungsmethoden (hier Verwendung eines Substitutionsansatzes) zu erheblichen Veränderungen der Ergebnisse führen. Auch wenn die Verwendung anderer Energieträger für die Konversion bzw. unterschiedlicher Anrechnungsverfahren der Nebenprodukte eine Erhöhung bzw. Reduzierung der CO₂Äq-Emissionen verursachen können, ist das Ergebnis jedoch in dem Sinne belastbar, dass das hier kalkulierte Verfahren immer noch zu der Gruppe mit der ungünstigsten klimapolitischen Bewertung gehört (WBA 2007).

Als positiv für verschiedene Aspekte des Naturschutzes wird hervorgehoben, dass beim Energiepflanzenanbau die Intensität des Herbizid- und Fungizideinsatzes im Verhältnis zum

konventionellen Anbau für die Nahrungsmittelproduktion deutlich reduziert werden kann, da qualitative Aspekte des Erntegutes in den Hintergrund treten (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2010, 2013). Negativ ist zu sehen, dass z.B. bei stärkerer Verbreitung von Hackfrüchten (z.B. Zuckerrübe) infolge der geringeren Deckungsgrade im Frühsommer ein erhöhtes Risiko der Bodenerosion als bei anderen Ackerfrüchten auftritt, welches eine Belastung der Oberflächengewässer mit Nährstoffen bedeuten kann (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2010, 2013). Abzuwägen bei Umstellung auf Hackfrüchte und Sommergetreide ist bezüglich geringerer frühsummerlicher Deckungsgrade die Verminderung des Drucks auf Lebensräume bzw. die Artenvielfalt. Eine Erweiterung hin zum Anbau von Wintergetreide bedeutet dagegen, den Trend zur rückläufigen Kulturenvielfalt und negative Wirkungen auf die Avifauna zu verstärken (REINHARDT UND SCHEUERLEN 2004). Insbesondere für Zweit- und Drittbruten von Offenlandarten (z.B. Feldlerche) sind die Pflanzenbestände von Wintergetreide häufig zu hoch und zu dicht. Auch frühe Ernten von Energiepflanzen (bei Ernte des Getreides im Mai als Ganzpflanzen z.B. als Grünroggen) sind problematisch, da sie in der Brut- bzw. Nestlingszeit fast aller ackerbrütenden Vögel stattfinden und zum Verlust der Nester und Jungvögel auf diesen Flächen führen können (DZIEWIATY UND BERNARDY 2007).

Erhebliche Nutzungskonkurrenzen zur Nahrungsmittelproduktion lassen sich reduzieren, wenn je nach Anlagenkonzept, Prozesskette und verwendeten Rohstoffen neben Bioethanol zusätzlich entstehende Nebenprodukte für die Erzeugung von Lebens- und Futtermitteln oder Düngemitteln und Biogas genutzt werden (siehe folgendes Kap.4.3.6).

4.3.6 Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen

Möglichkeiten zur Verwertung von Agrarreststoffen entstehen durch neuartige Konversionspfade zur Strom- und Kraftstoffproduktion und bedeuten eine Alternative zur direkten Erzeugung von Biokraftstoffen aus Agraranbauprodukten. Diese abfallbasierten Biokraftstoffe bieten biogenen Abfallstoffen wie z.B. solchen aus Landschaftspflegematerial eine vielversprechende Option. Diese Art der Energieerzeugung liefert einen erwünschten Beitrag zur Kostendeckung der im Extremfall sonst kostenpflichtig zu entsorgenden Reststoffe. Auch infolge der „Teller-Tank-Diskussion“ über Konkurrenzen um die knappe Fläche hat die Herstellung von sogenannten Bio- oder Agrarkraftstoffen aus Reststoffen an Bedeutung gewonnen. Dies vor allem deshalb, weil die Nutzung von Reststoffen im Vergleich zur Anbaubiomasse nicht mit einem unmittelbaren Flächenanspruch verbunden ist. Dabei öffnet der Verfahrensweg über sogenannte Biokraftstoffe der 2. Generation (vornehmlich synthetische Biokraftstoffe (Biomass to Liquid, BtL)) auch lignozellulosehaltigen Reststoffen (Holz, Stroh) den Weg einer Verwendung als Kraftstoff. BtL wird durch Vergasung der Biomasse und anschließende katalytische Hydrierung des entstehenden Synthesegases hergestellt. Derartige Konversionsverfahren sind jedoch noch in der Entwicklung und sind auf Grund von technischen Problemen bei der Konversion voraussichtlich erst in 10 – 15 Jahren marktreif (KRETZSCHMAR et al. 2011). Bei Entnahme von Wald- und Landschaftspflegeholz/Totholz muss damit einhergehender Nährstoffexport sowie Verlust an wertvollen Lebensräumen (u.a. für die Avifauna sowie für Destruenten (u.a. Pilze)) berücksichtigt werden (RODE et al. 2005; SRU 2007).

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass Verfahren, welche durch die Verwertung der gesamten oberirdischen Biomasse gekennzeichnet sind, zwar einen insgesamt höheren Nutzungsgrad (Flächeneffizienz) erreichen, wobei einige Fragen jedoch offen bleiben. Eine Reststoffnutzung im Getreideanbau bedeutet neben der Korn- auch eine Strohabfuhr. Besonders zu problematisieren sind infolge dieser vollständigen Abfuhr der Biomasse (keine auf dem Acker belassenen Erntereste) der Ausgleich des Bodenkohlenstoffhaushalts und die hieraus entstehenden Effekte auf eine

Treibhausgasbilanz. Das Kriterium nachhaltiger Bodennutzung als Voraussetzung für langfristig hohe Erträge setzt der Bereitstellung auch dieser Bioenergieträger damit Grenzen (ZELLER et al. 2011). Dagegen kann die Nutzung des Aufwuchses extensivierter Flächen (Pflege-, Aushagerungsmaterial etc.) u.U. von positiven Wirkungen auf Fauna und Flora begleitet werden.

Zu betrachten ist auch die Verwertung von zahlreichen Reststoffen, welche bei verschiedenen Herstellungs- und Weiterverarbeitungsschritten landwirtschaftlicher Produkte zu Bioethanol anfallen. Innerhalb von Lebenswegbetrachtung und erwünschter kaskadischer Nutzung sind Abgrenzungen von Produkt und Nebenprodukt bzw. Reststoff manchmal problematisch; im Sinne einer umfassenden Bilanzierung erfolgt jedoch eine Anrechnung möglicher THG-Gutschriften aller stofflichen und energetischen Nutzungsschritte. Besonders die Wertschöpfungskette von Zuckerrüben enthält zahlreiche hochwertige Nebenprodukte wie Zuckerrübenschnitzel¹¹ oder Zuckerrübensvinasse¹². Hefe, welche in der Bioethanolherstellung als Hilfsstoff für die Fermentation eingesetzt wird, kann ebenfalls aus dem Produktionsprozess ausgeschleust werden und als Eiweißfutter für Rinder und Schweine vermarktet werden. Aus der Getreide-Prozesskette verbleibt als Rückstand Weizenkleie (bei der Vermahlung abgetrennte Schale des Weizenkorns), die als Zusatzfutter für alle Nutztiere mit wesentlichen Anteilen an Eiweißen, Kohlenhydraten, Ballaststoffen, Mineralien und Vitaminen sowie Gluten, das als Proteinquelle bei der Fischzucht eingesetzt werden kann. Der Umfang hiervon ist erheblich: Bei der Herstellung von einem Liter Bioethanol aus Getreide entsteht zusätzlich ein Kilogramm getrocknetes Proteinfutter.

Insgesamt ist durch Verfahren der Reststoffnutzung in allen Bereichen (Ersatz fossiler Energieträger, Reduzierung THG-Emissionen, Speicherung von THG (Senkenfunktion)) eine positive Klimawirkung zu erreichen, die in ihrer Höhe jedoch stark von der Art und Ausgestaltung abhängig ist. Abfallbehandlungen bedeuten zusätzlich zumeist eine Reduzierung von unkontrollierten THG-Emissionen während der Lagerung durch gezielte Methannutzung. Anhand des Aufkommens biogener Rest- und Abfallstoffe schätzen LEIBLE et al. (2010) den potentiellen Beitrag zur Energieproduktion auf ca. 8% des Primärenergiebedarfs. In 2007 standen in Deutschland ca. 70 Mio. Tonnen Reststoffe (oTS¹³) zusammengesetzt aus 23% Waldrestholz, 10% Industrierestholz, 9% Altholz, 7% Bio- und Grünabfall, 12% Hausmüll, 4% Klärschlamm, 15% Gülle und 21% Stroh zur Verfügung (Leible et al. 2010). Durch eine gesteigerte, getrennte Erfassung biogener Abfälle (Bioabfälle, Garten- und Parkabfälle, Landschaftspflegematerial, Küchen- und Speiseabfälle) steht somit ein technisches Potenzial von insgesamt 13,9 TWh/a zur Verfügung. Hiervon wurden bisher 8,3 TWh/a für die Biokraftstoffherstellung erfasst (KRETZSCHMAR et al. 2011).

Die Technologien zur Erfassung des gesamten Reststoffpotentials haben jedoch noch nicht ihre Marktreife erlangt. Besonders strohbasierende Kraftstoffkonzepte könnten ein sehr hohes Treibhausgas-Minderungspotential von bis zu etwa 6,7 g CO₂-Äquivalenten pro Kilowattstunde¹⁴ im Vergleich zur fossilen Referenz (Benzin: 25 g CO₂Äq/kWh) erzielen

¹¹ Nach der Extraktion des Zuckers werden die ausgelaugten Schnitzel entweder frisch verfüttert oder für den längerfristigen Einsatz siliert oder getrocknet und pelletiert. Sie sind ein energiereiches Zusatzfutter für Rinder, Schweine, Schafe und Pferde

¹² Ein flüssiges Produkt aus den nach der Destillation zurückbleibenden Proteinen und weiteren Bestandteilen des fermentierten Zuckersirups, die als hochverdauliche, proteinreiche Einzel- oder Mischfutterkomponente vor allem für Milchkühe und in der Rindermast oder als Biodünger eingesetzt werden

¹³ oTS – organische Trockensubstanz

¹⁴ Zum Vergleich: Der Saldo an THG-Emissionen bei der Erzeugung von Biogas beträgt im günstigen Fall 16 g CO₂Äq pro kWh; zusammengesetzt aus den Emissionen infolge NawaRo-Anbau, Produktion und Verwertung des Biogases (inkl. Methanschluß) in einer Gesamthöhe von 286 g und den Emissions-Gutschriften infolge der Wärmenutzung oder vermiedener Wirtschaftsdünger-

(ZELLER et al. 2011). Der prognostizierte Anteil von nur 3 - 10% im Jahr 2020 an Biokraftstoffen der 2. Generation, also derjenigen Biokraftstoffe, die gemäß Art. 21.2 2009/28/EG aus Abfällen, Reststoffen, zellulosehaltigem Non-Food-Material und Lignozellulose-haltigem Material hergestellt werden könnten, spiegelt die geringe derzeitige Umsetzung in großem kommerziellem Maßstab (THRÄN et al. 2011). Dabei bilden in den Abfallkonzepten regelmäßig die logistischen Konzepte der dezentral anfallenden Biomassereststoffe und ihre relativ geringe Energiedichte die zentrale Herausforderung für die Wirtschaftlichkeit (LEIBLE et al. 2010).

4.3.7 Anbau von schnellwachsenden Hölzern auf Ackerflächen (KUP)

Der Anbau von schnellwachsenden Bäumen (i. d. R. Pappeln und Weiden) in Form von Kurzumtriebsplantagen (KUP) dient größtenteils zur Bereitstellung von Energieholz (Hackschnitzel) als Festbrennstoff. Die Klimaschutzwirkung entsteht vor allem durch den Ersatz fossiler Energieträger und der damit verbundenen Reduzierung von THG-Emissionen in anderen Sektoren sowie einer insgesamt extensiveren Bewirtschaftung. Im Jahr 2011 wurden in Deutschland ca. 4.000 ha KUP auf Ackerflächen angebaut (FNR 2014). Die inzwischen erreichten ca. 6.000 ha (2013) stellen im Vergleich zu 2005 zwar mehr als eine Verzehnfachung dar, schöpfen jedoch bei weitem nicht die Potentiale an Agrarholz aus. BMU (2009) geht von einem Bedarf für 2020 von 0,6 Mio. ha KUP und für 2050 von 1 Mio. ha KUP um die Holz- und Energielücke zu schließen. Nach Schätzungen des Deutschen Biomasseforschungszentrums (THRÄN et al. 2011) wäre zur Deckung der sogenannten „Holzlücke“ (infolge zusätzlicher und zunehmender Nachfrage nach Energieholzsorimenten durch Festbrennstoffheiz(kraft-)werke) sogar bis zum Jahr 2020 der Anbau von KUP auf ca. 1,3 Mio. ha landwirtschaftlicher Nutzfläche notwendig. Dies entspräche weiteren 10% der Ackerfläche von etwa 12 Mio. ha, von der heute bereits 1,8 Mio. ha (ca. 16%) für den Anbau von Energiepflanzen genutzt werden (vgl. Kap. 5).

Bisher haben sich KUP in Deutschland noch nicht durchsetzen können, es handelt sich überwiegend um Versuchs- und Pilotanlagen (MÜHLENHOFF 2013b). Die geringe Umsetzung liegt daran, dass KUP im Vergleich zu anderen Energiepflanzen auf Ackerflächen einige Besonderheiten aufweisen. Aufgrund der mittelfristigen Kapitalbindung und Flächenbindung sind KUP für den Landwirt schwer kalkulierbar. Zudem führen in diesen Produktionsverfahren die drei bis 5-jährigen Erntezyklen erst zu relativ später Einkommenswirksamkeit des eingesetzten Kapitals (KERN UND HELLE 2009). Als mehrjährige Kulturen stellen sie im Vergleich mit einjährigen Kulturen einerseits geringere Anforderungen an den Standort. Andererseits stellt das Ernteprodukt Hackschnitzel (Lignozellulose) aus Gehölzpflanzen infolge der nur periodischen Beerntung und neuer Erntetechnologien zusätzliche Anforderungen hinsichtlich Management und Marketing. Ein beachtlicher Teil der aktuellen Plantagen wird daher im Vertragsanbau entwickelt.

Holz aus KUP wird zur Wärmeerzeugung beim Einsatz als Festbrennstoff in Biomasse-Heizwerken eingesetzt. Bei Verbrennung des Holzes bzw. der Hackschnitzel in neueren Heizkraftwerken wird zusätzlich Strom produziert, wodurch der Wirkungsgrad und damit die Klimateffizienz deutlich erhöht werden. Festbrennstoffe werden insgesamt als sehr günstiger energetischer Nutzungspfad für Biomasse angesehen (SRU 2008, WBA 2007). Bei Heizanlagen bis 11 kW werden ca. 0,247 kg CO₂/kWh_{el} emittiert (WBA 2007). Im Vergleich zur Biogas- und Biodieselerzeugung aus Mais und Raps aber auch zur Verbrennung anderer

Lagerungsverluste) in einer Gesamthöhe von 270 g. Weniger günstige Varianten (fehlende Methan-Gasabdichtung der Gärbehälter, Verluste bei der Ausbringung, Anlagen ohne Wärmenutzung, u.a.) erreichen einen Emissionssaldo in Höhe von 470 g CO₂Äq pro kWh. Bezogen auf die Referenzsituation von Treibhausgasemissionen der konventionellen Stromerzeugung aus Steinkohle (ca. 800 g CO₂Äq pro kWh) kann eine Einsparung erreicht werden.

Festbrennstoffe wie Stroh und Getreide wird bei einer Holzhackschnitzelverbrennung mehr $\text{CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ Anbaufläche vermieden ($5 - 20 \text{ t CO}_{2\text{Äq}}/\text{ha}$). Die THG-Vermeidungskosten sind insgesamt niedrig oder können sogar negative Werte bis zu $11 \text{ €/t CO}_{2\text{Äq}}$ und damit einen sogenannten Vermeidungsnutzen erreichen (WBA 2007). Grundsätzlich ist das Energie-Input/Output-Verhältnis von KUP mit 1:16 im Vergleich zu anderen Bioenergieträgern sehr günstig (BURGER 2010). Auf guten Standorten kann vor allem Pappel eine hohe Biomasseproduktion von durchschnittlich $9,1 \text{ t Trockengewicht pro Jahr}$ erreichen, dies entspricht einem Verminderungspotential von umgerechnet $16,3 \text{ t CO}_{2\text{Äq}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Hierbei ist der positive Effekt der Kohlenstofffestlegung im Boden-Wurzel-Bereich noch nicht mit einbezogen. Im Vergleich zu einjährigen Kulturen kann der geringe Stickstoffbedarf der Bäume (ca. 40 bis maximal $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$) infolge vermiedener N-Düngung zu niedrigeren N_2O -Emissionen auf der Fläche führen. Zusätzlich drosselt die im Vergleich zu einjährigen Kulturen generell weniger intensive Bodenbearbeitung die Mineralisation und die hieraus resultierenden N_2O -Emissionen (Kern und Helle 2009). Die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen mit KUP impliziert für den KUP-Stand-Zeitraum von 20 Jahren das Ausbleiben einer Bodenbearbeitung und damit eine längere Bodenruhe. Die Anreicherung von organischem Material während der Bodenruhe ermöglicht ein aktiveres Bodenleben im Vergleich zu Ackerflächen. Die Wind- und Erosionsschutzwirkung der Kulturen sind selbst auf angrenzenden Flächen nachweisbar (BUND 2010, BÖHM et al. 2012, UMCA 2013).

Weitere ökologische Vorteile der KUP ergeben sich in Abhängigkeit von Lage und Ausgestaltung der KUP (Exposition, Erntezyklen, Artenzusammensetzung, Management, u.a.) für den Gewässerschutz und infolge Vermeidung von Wassererosion bei hangparalleler Anlage und von Filterfunktionen der Gehölzpflanzen für die Reinhaltung der Luft (SENSI 2006, NABU 2008, FNR 2010a). Hinsichtlich der Luftreinhaltung und auch des Lärmschutzes trägt der stufige Aufbau dazu bei, dass Schadstoffe und Stäube aus der Luft gefiltert werden (DBU 2010).

Hinsichtlich des Landschaftsbildes und vor allem in waldärmeren Gebieten können geschlossene Gehölzkomplexe - mit Höhen von bis zu 5 m und mehr - ein bereicherndes Landschaftselement darstellen (HOISL et al. 2000). Auch wenn KUP in vielen Bereichen die ökologischen Wirkungen des Waldes nicht erreichen, haben sich bisher angelegte Flächen als Rückzugsraum für eine Reihe von Tierarten erwiesen. Auch der insgesamt geringere Energie-, Düngemittel- und Pestizideinsatz bei der bisherigen Bestandesführung führt dazu, dass kaum negative Wirkungen auf die Fauna und Flora erwartet werden. Als Bereicherung für die ökologische Vielfalt gelten insbesondere streifenförmige KUP in Folge ihrer Funktion als Saumstrukturen und als Bestände mit biotopvernetzender Wirkung. Einem Vergleich mit einem mehrschichtigen, reich strukturierten Mischwald wird eine KUP dagegen kaum standhalten, da nur eine Baumschicht ausgebildet wird und auch die spätere Nutzung eine gleichförmige Pflanzung der Bestände erfordert.

In der Anfangszeit von KUP bestanden Unsicherheiten bezüglich ihres Status. Aus diesem Grunde im Folgenden einige Aussagen zu ihrem gesetzlichen Rahmen: KUP-Flächen sind nicht als Wald definiert und damit förderfähige Ackerfläche (Bundeswaldgesetz in der Fassung vom 31.07.2010 §2); KUP sind Bestandteil sowohl im EEG, Investitionsförderung und Marktanreizprogramm (MAP), der Betriebsprämienführungsverordnung sowie dem Forstvermehrungsgesetz. Grundsätzlich können KUP sowohl auf Ackerland als auch auf Dauergrünland angelegt werden, wodurch die Fläche den Status einer Dauerkulturfläche erhält. Bei der Anlage von KUP auf Dauergrünland sind landesrechtliche Regelungen zum Grünlandumbruch zu beachten. Die Anlage von KUP auf Dauergrünland wird kritisch gesehen und ist nur in Ausnahmefällen zu empfehlen (NABU 2008, LAMERSDORF 2008,

BUND 2010, BfN 2012). Bei einer Anzahl von mehr als 50 Bäumen pro Hektar bedürfen KUP inzwischen keiner Aufforstungsgenehmigung mehr.

4.3.8 Thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen

In der Landwirtschaft fallen vielfältige Reststoffe an, wobei der größte Anteil auf Getreidestroh (25,8%) und Gülle (12,2%) entfällt (ZELLER et al. 2011). Die thermische Nutzung stark wasserhaltiger Reststoffe erfolgt meist in Form der Methanisierung in Biogasanlagen mit anschließender Verbrennung des Biogases durch Nutzung der Abwärme von Verbrennungsmotoren. Weniger feuchte Reststoffe werden durch Zerkleinerung, Trocknung und Pressung als Festbrennstoff in Form von Häcksel, Ballen, Pellets und Briketts hergestellt und weiterverarbeitet. Stroh wird in einigen Feuerungsanlagen auch direkt verbrannt. Insgesamt ist die direkte Verbrennung jedoch aufgrund von Korrosionen infolge des Schwefelgehalts, hohen Staubemissionen und Verschlackungen in den Anlagen bisher nicht zufriedenstellend gelöst. In der Pilotphase befinden sich des Weiteren Anlagen, die durch Pyrolyse aus den Ausgangsstoffen ein Gas erzeugen und dieses anschließend verbrennen. Die in diesen Prozessen anfallenden Pyrolyse-Reststoffe können als Dünger eingesetzt werden (SEHN 2008).

In Bezug auf die Bewertung der genannten Verfahren sind neben der THG-Vermeidung und den THG-Vermeidungskosten insbesondere die Wirkungen auf die Humusbilanz sowie auf das Landschaftsbild und den Erhalt von Lebensräumen zu berücksichtigen. Die Wirkungen auf die Humusbilanz sind nicht immer eindeutig zu bewerten, da vor allem der Standort einen maßgeblichen Einfluss auf den Auf- bzw. Abbau von Humus hat. Die Entwicklungen der Humusbilanz beeinflussen jedoch wiederum die Treibhausgas-Vermeidung und ebenfalls die Aufrechterhaltung der Ertragsfähigkeit der Standorte. Danach sind der Bereitstellung von Reststoffen aus der pflanzlichen und tierischen Produktion Grenzen gesetzt (ZELLER et al. 2011). Dies gilt auch für die Entnahme von Schwachholz, wodurch den Waldstandorten ebenfalls Nährstoffe und Kohlenstoff entnommen werden. Nährstoffverluste können evtl. durch Düngungsmaßnahmen ausgeglichen werden (IZES 2007), wobei diese im Wald durch Gesetzesvorgaben eingeschränkt werden bzw. ökonomisch nicht sinnvoll sind (MEIWES 2010). Die Wirkungen des Aufwuchses extensiv genutzter Flächen haben i. d. R. positive Wirkungen auf das Landschaftsbild sowie den Erhalt von Lebensräumen von Pflanzen- und Tierarten, die auf solche Standorte angewiesen sind.

Es wird davon ausgegangen, dass sich das energetische Potential meist ungenutzter Biobrennstoffe (biogene Reststoffe) bis zum Jahr 2050 auf etwa 150 TWh pro Jahr summieren wird; dies entspricht etwa 7% des Gesamtenergiebedarfs von Deutschland (BRUSCHKE-REIMER 2012).

Bereich 2: Maßnahmen-Schwerpunkt auf Vermeidung bisheriger THG-Quellen in Produktionsprozessen der Landwirtschaft

4.3.9 Management Wirtschaftsdünger: a) ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger b) Abdeckung Mist-/Gülle-/Gärrest- Lagerstätten

Die Vorhaltung ausreichender Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger gewährleistet, dass diese nicht zu ungünstigen Zeitpunkten ausgebracht werden müssen. Als günstig ist dabei die Ausbringung zu Zeiten des höchsten Nährstoffbedarfes der zu düngenden Kulturen und bei geeigneten Witterungsbedingungen anzusehen, um Ammoniakverluste und Nitratauswaschung gering zu halten. Hierzu schreibt Cross Compliance eine Lagerkapazität für Flüssigmist (Gülle) von mindestens 6 Monaten vor, wobei auch die Abgabe an andere Betriebe und/oder Biogasanlagen angerechnet wird. Im Rahmen der Novelle der DüV, die

Bestandteil von Cross-Compliance ist, ist die Erhöhung der vorzuhaltenden Lagerkapazität auf 9 Monate für flächenlose Betriebe bzw. Betriebe mit hohen Besatzdichten in der Diskussion (z.B. Evaluierung der Düngeverordnung; Empfehlungen der Ausschüsse zu Gärresten in Biogasanlagen in der Sitzung des Bundesrats am 23.05.2014). Insgesamt ist jedoch eine ausreichende Lagerkapazität nur die Voraussetzung des klimaschonenden Einsatzes von Flüssigmist, die pflanzenbaulichen Praktiken sowie die Anforderungen des Bodens sind darüber hinaus entscheidende Einflussfaktoren. Die Relevanz von Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakverlusten aus Wirtschaftsdüngern hinsichtlich des THG-Vermeidungszieles ergeben sich infolge des schonenden Umgangs mit dem organisch gebundenen Stickstoff. Jedes vermiedene Kilo N-Verlust steht den Pflanzen zur Verfügung und trägt infolge der Substitutionsleistung dazu bei, die sonst bei Produktion, Transport und Einsatz von Mineraldüngern auftretenden direkten und indirekten Emissionen von THG - insbesondere Kohlendioxid (CO₂) und Lachgas (N₂O) - zu vermindern. Des Weiteren können NH₃-Emissionen in Folge einer unvollständigen Denitrifizierung am Orte der Deposition zu indirekten N₂O-Emissionen führen.

Die zusätzliche Abdeckung der Lagerbehälter verhindert bzw. reduziert THG-Emissionen aus Wirtschaftsdüngern. Folgende Abdeckungen werden als geeignet angesehen: Schwimmdecke, Strohecke, Leichtschüttung, Kunststoffschwimmkörper, Schwimmfolie, Zeltdach sowie feste Abdeckungen (DÖHLER et al. 2011a). Die Spanne der Emissionsminderung (%) verschiedener Abdeckungen für Flüssigmistbehälter gegenüber nicht abgedeckten Behältern zeigt Tab. 5.

Tab. 5: Spanne der NH₃- Emissionsminderung (%) verschiedener Abdeckungen für Flüssigmistbehälter

	Rindergülle	Schweinegülle
Natürliche Schwimmdecke	30-80	20-70
Künstliche Schwimmdecke (Strohhäcksel, Granulate, Schwimmfolie)	70-90	70-90
feste Abdeckung (Beton, Zelt, Kunststoff)	85-95	85-95

(nach DÖHLER et al. 2001)

Auch durch die Vergärung von Wirtschaftsdüngern können die THG-Emissionen während der Lagerung und Ausbringung reduziert werden. Schätzungen gehen davon aus, dass durch diese Maßnahme bisher ca. 1,25 Mio. t CO₂Äq vermieden wurden, was einem Anteil von etwa 2% auf die Gesamtemissionen der Landwirtschaft von 63,5 Mio. t im Jahr 2006 entspricht (WEGENER UND THEUVSEN 2010).

In Bezug auf die Dauerhaftigkeit der THG-Vermeidung ist zu berücksichtigen, dass auch Verlagerungseffekte möglich sind, d.h. die Entstehung von N₂O-Emissionen während der Lagerung kann auf die Zeit nach der Ausbringung verlagert werden, sofern es infolge der verbesserten NH₃-Zufuhr durch Gülle oder Gärrest zu verstärkten Denitrifikationsprozessen im Boden und damit zu N₂O- Emissionen kommt (BMELV 2013a, OSTERBURG et al. 2009).

DÖHLER et al. (2011a) gehen von einer Minderung der NH₃- Emissionen von 20 - 95% von abgedeckten gegenüber unabgedeckten Güllebehältern aus. Insgesamt wird die Abdeckung als besonders effektive Maßnahme zur Verringerung bzw. Vermeidung von Emissionen klimarelevanter Schadgase aus der tierischen Produktion bezeichnet. Hierbei lassen sich Wirkungsgrade zw. 80 und 100% erreichen (OSTERBURG et al. 2009). Das THG-

Minderungspotential der Abdeckung von Lagerbehältern wird mit 12 - 22% der NH_3 -Emissionen dieses Bereichs angegeben (BERG 2001, DÖHLER et al. 2002). Hinsichtlich der Minderungskosten sind z.T. relativ kostengünstige bauliche Maßnahme aber auch teurere Varianten zu Grunde zu legen. Die NH_3 - Emissionsminderungskosten variieren je nach Art der Abdeckung, Größe der Lagerstätte bzw. zwischen Rinder- oder Schweinegülle von 0,07 € (Leichtschüttung, Schweinegülle) und 2,0 € je kg NH_3 (Zeltdach, Rindergülle) (DÖHLER et al. 2011a). Bezogen auf die Vermeidung von direkten und indirekten THG-Emissionen infolge der Einsparung von mineralischen Stickstoffdünger ergeben sich Minderungskosten von 4 bis über 100 € pro t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$.

Die Maßnahme kann infolge von höheren N-Gehalten z.B. bei Biogasgärs substrat bzw. durch die Optimierung des Ausbringungszeitraums zu einer Verbesserung der Düngewirkung und einer Konservierung der Nährstoffe führen und dadurch auch positive Wirkungen auf den pflanzenbaulichen Ertrag der Landwirtschaft haben.

4.3.10 Emissionsarme, bodennahe, abdriftarme, präzise Ausbringungsverfahren

Unter emissionsarmen Ausbringungsverfahren werden solche verstanden, die durch eine präzise, bodennahe und abdriftarme Ausbringung THG-Verluste vermeiden. Durch den geringeren Kontakt mit der Luft wird die Entstehung von THG-Emissionen vermindert und die Nährstoffe gelangen in erster Linie in den Boden, so dass der Einsatz von mineralischen Düngern reduziert werden kann (OSTERBURG et al. 2007, WEISKE et al. 2008). Hierzu zählen bspw. Exaktstreuer, die eine gleichmäßigere Verteilung und Nährstoffverfügbarkeit erlauben oder Schleppschlauch- und Injektionsverfahren, die die Nährstoffe direkt in den Boden einführen.

Eine vergleichende Auswertung von Feldversuchen zu verschiedenen Injektionsverfahren von Gülle ergab, dass im Vergleich zur Gülleverteilung über Prallteller eine Verminderung der Ammoniak-Verluste von durchschnittlich 37% bis 95% erreicht werden konnte (WAHMHOF 2011). Die Reduktion der NH_3 -Emissionen unterscheidet sich des Weiteren in Abhängigkeit des eingesetzten Verfahrens.

Folgende Werte werden angegeben:

Tab. 6: Emissionsarme Ausbringungsverfahren für organische Dünger

Verfahren	Reduzierung der NH_3 -Emissionen in %
Injektion	65
Schleppschlauch	35
Schleppschlauchverteiler (bandförmig, unmittelbar am Boden)	10 - 70
Schleppschuhverteiler (direkt auf Boden)	30 - 50
Gülfeschlitzverteiler: je tiefer die Einarbeitung, desto größer die NH_3 -Reduzierung	90
Güllegrubber/ Rollhacke (Gärrest über Schläuche in der Furche abgelegt)	bis 90

(DÖHLER et al. 2011b)

Die Ausbringungskosten für diese Verfahren sind im Vergleich zu herkömmlichen Breitverteilern in Anschaffung und Betrieb bisher deutlich höher (IBK 2008). Die

Minderungskosten (ca. 50 – 200 €/t CO_{2Äq}) werden zusätzlich¹⁵ maßgeblich durch die Auslastung der Technik sowie die Düngerpreise bestimmt (DÖHLER et al. 2011b). Die Umsetzung dieser Maßnahmen wird u.a. durch AUM und Agrarinvestitionsförderprogramme gefördert.

Bisher werden jedoch überwiegend noch Breitverteiler eingesetzt. 2010 wurden 133 Mio. m³ flüssiger Wirtschaftsdünger mit Breitverteilern und 58 Mio. m³ mittels Schleppschlauch, Schleppschuh, Schlitzverfahren oder Güllegrubber ausgebracht (STATISTISCHES BUNDESAMT 2011). Vor allem im Grünland und insbesondere im Berggebiet hat sich die Anwendung bodennaher, emissionsarmer Ausbringungssysteme bisher nur wenig durchgesetzt. Hier werden die genannten Vorteile in besonderem Maße durch die schlechtere Hangtauglichkeit, geringere N-Einsparungen, technische Probleme für die Ausbringung im Bestand und durch stark erhöhte Kosten aufgehoben (IBK 2008).

4.3.11 Umstellung auf den ökologischen Landbau (ÖLB)

Die biologisch-dynamische, organisch-biologische oder ökologische Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen besteht aus einem Bündel an Einzelmaßnahmen. Eine generelle Bewertung ist nur schwer möglich (MÄDER et al. 2002, SHEPHERD et al. 2003). Einige erhebliche Klimaschutzwirkungen basieren auf Bewirtschaftungsauflagen, welche in den Satzungen der 10 verschiedenen Anbauverbände für den ökologischen Landbau (ÖBL) gemeinsam festgelegt sind. Klimarelevante Maßnahmen innerhalb des ÖLB umfassen unter anderem (FLESSA et al. 2012, BMELV 2013b, BIOLAND 2009):

- keine Verwendung leicht löslicher mineralischer Düngemittel, stattdessen Ausbringung von organisch gebundenem Stickstoff vorwiegend in Form von Mist oder Mistkompost, Gründüngung durch Stickstoff sammelnde Pflanzen (Leguminosen) und Einsatz langsam wirkender natürlicher Düngestoffe;
- kein Pflanzenschutz mit chemisch-synthetischen Mitteln, stattdessen Anbau wenig anfälliger Sorten in geeigneten Fruchtfolgen, Einsatz von Nützlingen und mechanische Unkraut-Bekämpfungsmaßnahmen wie Hacken und Abflammen;
- keine Verwendung von chemisch-synthetischen Wachstumsregulatoren;
- Pflege der Bodenfruchtbarkeit durch ausgeprägte Humuswirtschaft;
- abwechslungsreiche, weite Fruchtfolgen mit vielen Fruchtfolgegliedern und Zwischenfrüchten;
- begrenzter, streng an die Fläche gebundener Viehbesatz; Fütterung der Tiere möglichst mit hofeigenem Futter, wenig Zukauf von Futtermitteln; weitgehender Verzicht auf Antibiotika.

Der Hauptfaktor zur Reduzierung von THG im ökologischen Landbau liegt bei der Einsparung von Energie für die Herstellung von mineralischem Stickstoff. Die Speicherung von THG in Form von Humusaufbau und einer (reversiblen) Kohlenstoffbindung erfolgt u.a. durch Anregung des Bodenlebens sowie eine regelmäßige Gründüngung.

Wichtig ist die vollständige Beschreibung des Stickstoffhaushaltes der im ökologischen Landbau üblichen Fruchtfolgen unter dem Aspekt der Stickstofffixierung durch Leguminosen. Das gesamte Treibhausgaspotential einer mineraldüngerbasierten Fruchtfolge kann gegenüber einer leguminosenbasierten Fruchtfolge mit 100 zu 36 angegeben werden (BESTE UND BOEDDINGHAUS 2011). Während die Emissionen von N-Spezies (NO_x) nach der Anwendung von Mineral- und Wirtschaftsdüngern recht gut beschrieben sind, fehlen entsprechende Angaben zum Einsatz von Leguminosen fast völlig. Dem Ersatz des Erdöleinsatzes zur Stickstoffproduktion (Haber-Bosch-Verfahren) von ca. 200 l pro ha z.B.

¹⁵ zu den Einsparungen der direkten und indirekten THG-Emissionen aus N-Düngung

bei Körnerleguminosen stehen so nicht kontrollierbare N_2O -Emissionen gegenüber, die beim Anbau und Umbruch von Leguminosenbeständen in erheblichem Maße freigesetzt werden können. Da Stickstoffmengen in den Ernterückständen verbleiben und zur direkten und indirekten Lachgasbildung beitragen, ist die gesamt-klimatische Wirkung des Leguminosenanbaus nur schwer abzuschätzen (KTBL 2010, VON HAAREN et al. 2010, ALLUVIONE et al. 2010). Für die THG-Vermeidung durch den Anbau von Leguminosen werden Werte von 0,26 bis 0,55 t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$ ha⁻¹ a⁻¹ ausgewiesen (FRELH-LARSEN et al. 2008; FLYNN et al. 2007).

Weitere positive Klimawirkungen resultieren aus den Bestimmungen in der Tierfütterung im ÖLB. HIRSCHFELD et al. (2008) errechneten eine theoretische „Klimagutschrift“ aus der Höhe der vermeidbaren jährlichen Importe. Das Minderungspotential der THG-Emissionen von insgesamt 6 Mio. t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$ verteilt sich dabei auf die Produktion von Futtermitteln in den Ursprungsländern, welche mind. 3 Mio. t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$ verursacht (aus der Verlagerung der Produktion von 4 Mio. t Sojaschrot, 0,4 Mio. t pflanzliche Öle/Fette und 1,2 Mio. t Getreide) sowie auf die Transportemissionen in Höhe von noch einmal 3 Mio. t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$. Hierbei sind die THG-Emissionen durch Landnutzungsänderungen (Verdrängungseffekte) innerhalb der Exportländer noch nicht berücksichtigt.

Die ganzjährige oder saisonale extensive Weidehaltung von Jungrindern und Mutterkühen wird als bedeutendste Haltungsform mit niedrigem Emissionspotential für Methan und Lachgas eingeschätzt. Weidehaltung bedingt zum einen den geringsten Treibstoff- und Energieeinsatz zur Futterbereitstellung und bei guter Qualität des Weidefutters geringere Methanemissionen aus dem Wiederkäuermagen im Vergleich zu anderen Grundfuttermitteln. Zum anderen fallen Emissionen (v.a. Stickstoff) aus tierischen Exkrementen geringer aus, da diese nicht lange im Stall oder Güllelagern lagern und es kommt durch diesen Wegfall zu einer Reduzierung von Düngeüberschüssen bei Ausbringung in Hofnähe (KTBL 2006, WITZKE UND NOLEPPA 2007, UBA 2009). Daneben bestehen jedoch noch Unsicherheiten zum Nettoeffekt der Weidehaltung. OSTERBURG et al. (2009) kommen zu dem Schluss, dass besonders die Gefahr der Kompensation von vermiedenen Methanemissionen durch mögliche höhere N_2O -Emissionen beachtet werden muss. FREIBAUER (2009) gibt zu bedenken, dass die Extensivweide bei Verlust an Tierleistung zu mehr CH_4 pro Produkt führen kann.

Neben dem Leguminosenanbau mit positiven Auswirkungen auf THG-Emissionen (welche im folgenden Abschnitt detailliert beschrieben werden), finden im ÖLB eine Reihe C-anreichernde Bewirtschaftungsmethoden Anwendung:

- Anbau mehrjähriger Kulturen (Klee gras) sorgt für erhöhte Bodenruhe
- Hoher Anteil an Gründüngern (Zwischenfruchtanbau)
- Ausbringung von wirtschaftseigenen Düngern (meist auf Stroh basis)

Die Minderungskosten (€/t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$) werden hauptsächlich durch die Substitution von Stickstoff infolge der Integration von Leguminosen in die Fruchtfolge bestimmt und werden daher unter dem entsprechenden Punkt des nächsten Kapitels angegeben.

Auf die im ökologischen Landbau erbrachten Leistungen für Boden, Wasser und Luft sowie die Förderung der Biodiversität und des Landschaftsbildes soll an dieser Stelle nur verwiesen werden (FRELH-LARSEN et al. 2008, SENSI 2006). Als Beispiele seien die positiven Auswirkungen auf die Wildflora und -fauna und Resilienz infolge der durch ökologische Flächen diverser und häufiger vernetzen naturnahen Biotope genannt (STOLZE et al. 2000, TAUSCHER et al. 2003, BRABAND et al. 2003, NIGGLI et al. 2007, 2010).

Im Zusammenhang einer Flächen- bzw. produktbezogenen Betrachtung der Emissionen sind die geringeren Erträge im ökologischen Landbau zu beachten. Den Anforderungen an

eine gleichzeitig ökologie- und klimaverträgliche Ausgestaltung von Bewirtschaftungsmaßnahmen steht ein steigender Flächenverbrauch bei der Integration von Umweltleistungen entgegen (UCKERT et al. 2007). Aufgrund begrenzter Flächen können infolge von Extensivierungen Verdrängungseffekte auftreten und die erreichten Emissionsminderungen infolge der anderen Orts insgesamt intensiver produzierten Produkte können sich wieder vermindern.

4.3.12 a) Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs b) Verringerung der Futtermittelimporte

Leguminosen wie Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen, Klee oder Luzerne sind kaum noch in den Fruchtfolgen der Landwirtschaft vorhanden. Im Jahr 2010 wurden ca. 100.000 ha Hülsenfrüchte in Deutschland angebaut (BMELV 2011c). Im Jahr 2011 betrug die Anbaufläche ca. 95.000 ha; davon 17.300 ha Ackerbohnen, 55.700 ha Futtererbsen und 21.600 ha Süßlupinen (UFOP 2011). Leguminosen zur Ganzpflanzenernte erreichten im Jahr 2011 263.000 ha (BMELV 2012a). Auch wenn aktuell kein nachhaltiges Wachstum festzustellen ist, weist die Fähigkeit Stickstoff aus der Luft zu binden, Leguminosen nicht zuletzt aus Klimaschutzgründen in Zukunft wieder für größere Anbaupotenziale aus (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2011). Der vermehrte Anbau von Leguminosen in Getreidefruchtfolgen führt zur Verringerung des mineralischen N-Düngerbedarfs und kann den Kohlenstoffgehalt des Bodens anheben. Die Integration erfolgt als zusätzliche Hauptfrucht, Untersaat oder als Zwischenfrucht (FRELH-LARSEN et al. 2008). Der hohe erforderliche Energiebedarf für die Bereitstellung von reaktivem Stickstoff durch die Symbionten der Leguminosen (N-Fixierung) wird über die Photosynthese der Pflanzen gedeckt. Vereinfacht gerechnet stellt die Pflanze bei der Produktion von 1 kg reaktivem Stickstoff (durch Umwandlung eines luftbürtigen N_2 -Moleküls in zwei NH_3 -Moleküle) den Symbionten eine Energie zur Verfügung, mit der sonst rund 2 kg Biomasse produziert werden könnten (WAHMHOF 2011).

Nur ca. 6% der Stickstoffzufuhr in den deutschen Agrarsektor sind der biologischen Stickstoff-Fixierung von Leguminosen anzurechnen. Dagegen stammten im Jahr 2007 55% aus Mineraldünger, 21% aus inländischem Tierfutter und 12% aus Futtermittelimporten. Zusätzlich wurden 5% des Stickstoffs als Deposition - z.B. aus Industrie- und Verkehrsabgasen - über den Luftpfad eingetragen (UBA 2013b).

Das CO_2 -Einsparpotential durch Leguminosenanbau zur Gründüngung als Substitut für Mineral- und Wirtschaftsdünger wurde in einer Reihe von Studien bearbeitet. Die SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2007) hält hierdurch Einsparungen über 50.000 t $CO_{2\text{Äq}}$ in Sachsen pro Jahr für möglich. Abschätzungen der potentiellen Treibhausgasminderungen einer leguminosenbasierten Fruchtfolge gegenüber einer mineraldüngerbasierten Fruchtfolge werden mit 64% angegeben (BESTE UND BOEDDINGHAUS 2011). Durch N_2O -Emissionen und infolge deren hoher Klimawirksamkeit (> 300fache Hebelwirkung), die beim Anbau und Umbruch von Leguminosenbeständen in erheblichem Maße freigesetzt werden können, lässt sich die gesamt-klimatische Wirkung des Leguminosenanbaus nur schwer abschätzen (VON HAAREN et al. 2010).

Werden zur Berechnung von THG-Minderungskosten (€/t $CO_{2\text{Äq}}$) die Produktionskosten für ein Kilogramm symbiotisch gebundenen Stickstoffs einbezogen (als Substitut für synthetischen Dünger), können je nach Fruchtart, Anbauverfahren und Ertragspotential Werte zwischen 66 und 890 €/t $CO_{2\text{Äq}}$ auftreten¹⁶. Diese hohen Vermeidungskosten

¹⁶ Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaats Sachsens (2011): Potenziale der Leguminosen, Schriftenreihe, Heft 20/2011

begründen sich u.a. aus den hohen Saatgutkosten für Leguminosen (FRELIH-LARSEN et al. 2008, BERENDONK 2011).

Verfügbar sind Fördermaßnahmen nach AUM Art. 39 (Verordnung (EG) Nr. 1698/2005) zum Zwischenfruchtanbau, Fruchtartendiversifizierung und Winterbegrünung. Zu positiven Auswirkungen und potentiell starken Synergien mit dem Naturschutz sei auf die Ausführungen in den Kapiteln zu ÖLB, Fruchtartendiversifizierung, reduzierter Bodenbearbeitung und mehrjähriger Kulturen verwiesen.

Bereich 3: Maßnahmen-Schwerpunkt auf Sicherung und Erhaltung der Senkenfunktion landwirtschaftlich genutzter Böden

4.3.13 Humusanreicherung durch a) Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückstände, b) konservierende, reduzierte Bodenbearbeitung, c) Direkt-, Mulchsaat

Die hier zusammengefassten Managementmaßnahmen, die theoretisch auf der gesamten Ackerfläche periodisch angewendet werden können, beruhen darauf, eine größtmögliche Menge des Biomasseaufwuchses für Prozesse der Humusneubildung zur Verfügung zu stellen. Hierfür werden Ernterückstände (wie Stroh und Blätter, Fruchtrückstände, etc.) nach Trennung von den Ernteprodukten auf dem Feld belassen bzw. zusammen mit den Pflanzenstoppeln eingearbeitet oder nach einer zusätzlichen Kompostierung wieder dem Boden zugeführt (FRELIH-LARSEN et al. 2008).

Unter reduzierter Bodenbearbeitung wird zum einen eine nicht-wendende und nur flach lockernde Bodenbearbeitung < 10 cm oder flächenmäßig (nur Randbearbeitung) oder zeitlich eingeschränkte Bodenvor- bzw. Nachbereitungsmaßnahmen (Verzicht auf Bodenbearbeitung in bestimmten Zeiträumen) verstanden (OSTERBURG et al. 2007). Eine der Methoden, die Vorteile der genannten Managementmaßnahmen in die Produktionsverfahren zu integrieren, besteht in der Mulch- oder Direktsaat. Mulchsaatverfahren ermöglichen es, Hauptfrüchte im Ackerbau ohne wendende Bodenbearbeitung anzubauen, so dass Pflanzenreste der Vor- oder Zwischenfrüchte bzw. der Untersaaten auf der Bodenoberfläche verbleiben. Ein Zielkonflikt mit dem Naturschutz kann dabei durch den unter Umständen höheren Aufwand an Herbiziden entstehen. Die flächenhafte Kompostierung von Ernterückständen mit hohen N-Gehalten kann unter ungünstigen Bedingungen zu Luftabschluss und damit zu erhöhten N_2O Emissionen bei reduzierter Bodenbearbeitung führen (FRELIH-LARSEN et al. 2008).

Der Verbleib von Ernteresten ist positiv für die Humusversorgung des Bodens. Die Wirkung hängt jedoch stark von dem Verfahren und dem Verhältnis von Ernteprodukt und Ernterest ab. Grundsätzlich problematisch für die Humusnachlieferung sind Ganzpflanzenernteverfahren. Hier verbleiben allein die Stoppel und Wurzeln auf dem Acker, ein Ausgleich hat daher über die Fruchtfolge zu erfolgen. Zu unterscheiden sind Teilpflanzenernten, wie z.B. der Anbau von CCM-Mais, (bei dieser Fruchtart/Anbauverfahren wird ein Humusverzehr im Boden angegeben, welcher einer Reduktion von $560 \text{ kg C}_{\text{org}}$ entspricht). Trotz seines hohen Humusbedarfs entsteht hier durch den Verbleib des Maisstrohs auf der Fläche (Zufuhr von $910 \text{ kg C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$ für den Humusaufbau) eine positive Humusbilanz. Beim Anbau von Rüben (Humusbedarf $760 \text{ kg C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$), ergibt sich dagegen eine negative Bilanz auch dann, wenn die Rübenblätter ($392 \text{ kg C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$) auf dem Acker verbleiben (SIEBERT 2011).

Bei der Kompostierung besteht die THG-Einsparung in der Reduktion der Methanemissionen bei der Lagerung organischer Abfälle sowie einer THG-Speicherung durch Bereitstellung

stabilerer Kohlenstoffverbindungen für den Boden (GATTINGER 2010). Im Projekt PICCMAT werden als durchschnittliches globales Minderungspotential des Reststoffmanagements 0,15 - 0,70 t CO₂Äq ha⁻¹ a⁻¹ angegeben. Im Einzelnen erreicht das Belassen von Ernterückständen dabei geringere Werte als die Kompostierung: 348 kg CO₂ ha⁻¹ a⁻¹ und 39 kg N₂O ha⁻¹ a⁻¹ gegenüber 381 kg CO₂ ha⁻¹ a⁻¹ und 121 kg N₂O ha⁻¹ a⁻¹ (FLYNN et al. 2007, MÜSKEN 2008). Geeignete Kompostierungsflächen zu finden, obliegt dabei örtlichen Gegebenheiten und rechtlichen Rahmenbedingungen. Die stationäre Kompostbereitung und hier speziell der Investitionsaufwand in Form der Neuanschaffung von Maschinen wie z.B. Radlader und Umsetzgerät, von Techniken zur Zerkleinerung aber auch die Verteilung von Ernterückständen bedeutet gegenüber der Mietenkompostierung jedoch einen hohen Zeit- und Geldaufwand, weshalb eine Übergabe an Lohnunternehmer finanziell vorteilhaft sein kann (FICKERS 2008, BRANDL 2009, GÖBEL et al. 2009, WINKLER 2009). Die Nutzung von Ernteresten zur Bodenverbesserung (ob direkt oder als Kompost) konkurriert mit der Erzeugung von erneuerbarer Energie aus Biomasse. Sobald ein Verkauf der normalerweise nur gering wertigen Erntereste möglich ist, müssen daher - unter Berücksichtigung des verlorenen Düngungseffektes - Opportunitätskosten in die Überlegungen mit einbezogen werden (FRELIIH-LARSEN et al. 2008).

Das Reststoffmanagement führt in Marktfruchtbetrieben bei guter Humuswirtschaft zu einem erhöhten Deckungsbeitrag (BGK 2006). Eine ertragsfördernde Wirkung der Kompostanwendung stellt sich aufgrund der langsam zunehmenden Bodenverbesserung jedoch erst mittelfristig ein - bei regelmäßigen Kompostgaben erst nach mehreren Fruchtfolge-Rotationen. Dann sind im Mittel Ertragssteigerungen von 5 - 10% beobachtet worden (LTZ 2008). Hierbei haben die „bodenverbessernden“ Wirkungen der regelmäßigen Kompostanwendung - belegt durch langjährige Feldversuche - in der Regel eine noch größere Bedeutung als die Düngungseffekte. Erreicht wird diese dabei durch die beträchtliche Zufuhr an organischer Substanz und die damit verbundene mittel- und langfristig positive Beeinflussung der Humusgehalte des Bodens (FRELIIH-LARSEN et al. 2008, LTZ 2008). Zusätzlich wirkt sich die Zufuhr von organischen Material positiv auf einige Lebensgemeinschaften von Flora und Fauna aus (FRELIIH-LARSEN et al. 2008). Auch der Wasserhaushalt des Bodens wird durch den erhöhten Gehalt an organischer Substanz verbessert (FRELIIH-LARSEN et al. 2008). Der Verbesserung der Luftqualität infolge niedrigerer N₂O-Emissionen bei Kompostierung steht jedoch ein leichter N₂O-Anstieg bei Belassung der Ernterückstände gegenüber (SENSI 2006).

Die konservierende Bodenbearbeitung existiert als verfügbare Fördermaßnahme im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen.

4.3.14 Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta)

Biokohle ist ein unvollständig verbrannter Rückstand von Biomasse. Sie bildet einen wesentlichen Bestandteil der Terra Preta, einer anthropogen erzeugten Schwarzerde (vgl. GLASER et al. 2001). Innerhalb der Maßnahmen zum Klimaschutz wird durch die Verbringung von Biokohle in den Boden die Wirkung einer Bodenkohlenstoffanreicherung erreicht. Die besonderen Eigenschaften der Biokohle (innere Oberfläche und geladene Bindungsorte) tragen zudem zu einer Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und Wasserspeicherefähigkeit bei. Seit einigen Jahren wird sie in Deutschland als Substrat zur Bodenverbesserung diskutiert (BFN 2011).

Des Weiteren liegt im Prozess der Verkohlung im Vergleich zu herkömmlichen Bioenergie-Anlagen ein hohes CO₂-Einsparpotential. Anders als bei der direkten Verbrennung von Biomasse oder der Methanverbrennung nach herkömmlicher Biogaserzeugung wird das in der Biomasse enthaltene CO₂ nicht 1:1 wieder in die Atmosphäre abgegeben, sondern bleibt

in der Endbilanz zu fast 2/3 im Festkörper Biokohle gebunden. Eine Bodenrückführung der Biokohle beinhaltet daher noch weitere Chancen für das Klima. Im Fall der Pyrolyse-Technik entsteht ein Kohlenstoffkoks, der sich nur sehr langsam zersetzt. Geht man für eine Modellrechnung von einer jährlichen Verwertung von 800 t trockener Biomasse aus, können mehr als 400 t CO₂ pro Jahr im Fall einer Bodenanwendung sequestriert werden. Beim Pyrolyse-Verfahren kann daher kurzfristig ein Drittel mehr klimawirksames Treibhausgas als bei herkömmlicher Bioenergiegewinnung eingespart werden (HOLWEG UND SCHILL 2010).

Biokohle zur Einarbeitung in den Boden wird aus organischen Abfällen gewonnen. Die industrielle Verkohlung von Pflanzenabfällen in einer Pyrolyseanlage macht sich das Prinzip der hydrothermalen Carbonisierung (HTC) zu nutze. Bei der HTC findet eine wässrige Verkohlung unter Überdruck und Temperaturen um 200°C statt (NEUBAUER 2010). Die Anwendung ist noch im Versuchsstadium. Geklärt werden zurzeit Fragen der Schadstofffreiheit, Änderung der Bodeneigenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Beständigkeit der positiven Effekte, Nährstoffdynamik und Ertragswirksamkeit (FLESSA 2010). Als Klimaschutzwirkung kann mit der Maßnahme „Biokohle“ theoretisch sehr große Mengen an klimaschädlichem CO₂ im Boden gebunden werden (BERGMANN 2010); in großen Mengen jedoch nur temporär. Die Anwendung eines Gemisches aus Kompost und Biokohle in Brandenburg machte die Effektivität der C-Senke in Form von Biokohle auf den Anstieg der TOC-Gehalte (total organic carbon) deutlich. Bei Zufuhr von 20 t Biokohle stieg der Bodenkohlenstoffgehalt von ca. 5 TOC [g kg⁻¹] auf ca. 22 TOC [g kg⁻¹]. Im Jahr nach der Applikation waren es noch ca. 16 TOC [g kg⁻¹] (GLASER 2010). Der Boden dient somit als CO₂-Lagerungsstätte bei gleichzeitiger Verbesserung einiger Bodenfunktionen (MEYER et al. 2011, DELINAT-INSTITUT FÜR ÖKOLOGIE UND KLIMAFARMING 2011).

Biokohle und Kompost reduzierten die N₂O-Emissionen (KAMMANN 2012) und Stickstoffverluste können nach Applikation von Biokohlen verringert werden, womit wiederum mineralischer Dünger eingespart würde. Biokohle besteht überwiegend (> 50%) aus mineralisiertem Kohlenstoff, der je nach vorherrschenden Bedingungen sehr lange im Boden stabil bleibt (GLASER et al. 2001, CHENG et al. 2008, LEHMANN 2009). Höhere Bodendurchlüftung durch Biokohle kann die Entstehung der Klimagase Methan und Lachgas deutlich reduzieren (JORDAN 2010). Das größte THG-Minderungspotential von Biokohle wird dann erreicht, sobald sie aus Bioabfällen hergestellt wird. In diesem Fall sind auch keine Verlagerungseffekte dieser Maßnahme zu erwarten.

Berechnungen von MEYER et al. (2011) beziffern das Einsparpotential über die derzeit pro Jahr tatsächlich in ganz Europa anfallende Menge an Biomasseabfällen bei Umwandlung in Biokohle auf zehn Prozent der jährlichen CO₂-Emission in Europa. Der Atmosphäre werden mit jedem Kilogramm erzeugter Biokohle 3,6 kg CO₂ entzogen (SCHMIDT 2010, DIESTEL 2011). Zum Beispiel lassen sich durch Pyrolyse aus 1 t Grünschnitt rund 500 kg CO₂ langfristig der Atmosphäre entziehen (CO₂-Sequestrierung) und zudem 400 KWh Wärme erzeugen (GERBER 2009, SCHMIDT 2010). In einer HTC-Praxisanlage in Kalifornien wird seit 2009 Klärschlamm in einer Tageskapazität von ca. 900 t zu 170 t Brennstoff verarbeitet (SCHUCHARDT 2009). Die Verwertung über pyrolytische Verkohlung bietet gegenüber einer aufwendigen Entsorgung von eher problematischem Material als Ausgangsbiomasse einen effizienten Nutzensvorteil, wenn bisherige Entsorgungskosten wegfallen.

Die Minderungskosten (€/t CO₂Äq) durch die Herstellung und Ausbringung von Biokohle hängen stark von der Art der Verkohlungsanlage ab. Die Produktionskosten für die Kohle liegen bei 75 bis 100 Euro je t. Bei niedrigen Annahmepreisen von 20 Euro je t Grüngut ließe sich Kohle zu einem Preis von 60 € je t herstellen (TOPAGRAR ONLINE 2011). In ganz Europa wurden 2011 bereits über 1.000 Hektar mit Karbon-Düngern, Pflanzenkohle-Komposten und Pflanzenkohle-Gülle gedüngt. Viele tausende Kühe erhalten mit ihrem Futter Zusätze mit

Pflanzenkohle; Gülle und Mist werden in zahlreichen Ställen durch Pflanzenkohle stabilisiert (KAMMANN 2011).

Der Nutzen von Biokohle ist im Hinblick auf einen Ertragszuwachs teilweise belegt, hängt jedoch auch von den Vorbedingungen des Bodens sowie dem Klima und anderen Parametern ab, wie zum Beispiel der Art der Ausgangssubstrate und Technik der Carbonisierung (Verkohlung) (NEUBAUER 2010). In einigen Feldversuchen zu Auswirkungen unterschiedlicher Biokohlen auf Bodeneigenschaften und Pflanzenproduktion sind Biomasse und Ertrag jedoch nicht signifikant gesteigert worden. Beobachtungen von Effekten weisen jedoch auf deutliche Zusammenhänge zur Menge an Kohle hin, die der Boden enthielt bzw. ihm zugeführt worden sind. Eine Verbesserung der Bodenfunktion durch Biokohlegaben wurde vor allem bei ärmeren Böden berichtet (VERHEIJEN et al. 2010), da defizitäre Nährstoff- und Wasserversorgung hier besonders zu Buche schlagen (HOLWEG UND SCHILL 2010). Bei HTC-Biokohle traten auch negative Effekte wie absterbende Pflanzen und Spinnmilben auf (KAMMANN 2010, MÖLLER 2011).

Insgesamt fehlen Ökobilanzen für die Bewertung des Einsatzes von HTC im Vergleich zur bestehenden Reststoffverwertung (SUCHARD 2009). Für die Biokohle-Anwendung von Böden gibt es (noch) keine eigenen gesetzlichen Bestimmungen. Nach der Düngemittelverordnung ist Holzkohle als traditioneller Bodenhilfsstoff auf der Positivliste unter der Rubrik „Kohlen“ aufgeführt (DüMV, Tabelle 7.1.10) und wird traditionell zur Bodenverbesserung im Hausgarten genutzt. Holzkohle ist zwar ebenso ein Verkohlungs- bzw. Pyrolyseprodukt, ob jedoch Verkohlungsprodukte aus anderen Biomassen, bspw. aus Blattmaterial oder Gras ohne Einschränkung in dieselbe Kategorie gezählt werden können, ist noch offen. (HOLWEG 2011). Bestehende Gesetze lassen eine CO₂-Sequestrierung aus Abfall nicht zu (SUCHARD 2009).

4.3.15 Erhalt von Dauergrünland

Der Erhalt von Dauergrünlandflächen gehört zu wichtigsten Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft. Maßgeblich hierfür ist der bedeutend höhere Bodenkohlenstoffvorrat in Grünlandböden gegenüber Ackerböden. Beim Umbruch von Dauergrünlandflächen wird ein Teil der Bodenkohlenstoffvorräte zu CO₂ abgebaut, insbesondere bei der Umwandlung in Ackerland (FLESSA et al. 2012). Dabei wird auch Stickstoff freigesetzt, der zum Teil als N₂O entweicht. Maßnahmen, welche Grünlandflächen vor dem Pflügen und Umwandlung in Ackerland schützen, vermeiden dieses. Auf der anderen Seite bieten infolge nur langsamer Aufbauraten von Bodenkohlenstoff Neuanlagen von Grünland keine vollwertige Kompensation für den Umbruch älterer Standorte (LAL 2004, VON HAAREN et al. 2010, DON et al. 2009, FREIBAUER 2009, OSTERBURG et al. 2009, NABU UND DVL 2009, DRÖSLER et al. 2011).

Grünland bedeckte 2012 in Deutschland etwa 30% der landwirtschaftlichen Nutzfläche, davon ist mit ca. 4,6 Mio. ha der überwiegende Teil Dauergrünland (DESTATIS verschiedene Jahrgänge). In den letzten 50 Jahren wurden in den alten Bundesländern mehr als 3 Mio. ha an Grünland umgebrochen und zu Ackerflächen umgewandelt (ca. 21% der Landfläche) (SCHRAMEK et al. 2012). Von 1990 bis 2012 nahm die Dauergrünlandfläche in Deutschland um fast 1 Mio. ha ab. In den neuen Bundesländern lag der prozentuale Anteil der Grünlandverluste mit 14% geringer als in den alten Bundesländern (DESTATIS verschiedene Jahrgänge, BMELV 2012b).

Die Wirkung der Maßnahme auf den Klimaschutz besteht in der Reduzierung von vermeidbaren THG-Emissionen und Erhalt der Senkenfunktion derjenigen Böden, die während ihrer Entstehung große Mengen an Kohlenstoff gespeichert haben. Die Höhe der verhinderten Freisetzung von CO₂ und N₂O ist stark standortabhängig: So weisen alte,

humose und moorige Standorte höhere Bodenkohlenstoffvorräte auf als junges Grünland auf Mineralboden.

Abschätzungen des Minderungspotentials von Grünland auf mineralischen Böden geben an, dass es im europäischen Durchschnitt 0,6 t Kohlenstoff pro ha und Jahr speichert. Dieser Wert ist im Vergleich zu Waldböden fast doppelt so hoch (SRU 2008). Auf Niedermoorböden wird die Differenz der THG-Freisetzung zwischen Acker- und Grünlandnutzung infolge der stärkeren Grundwasserabsenkung unter Ackerland noch einmal vergrößert.

Pauschal kann mit einer verhinderten Freisetzung von ca. 10 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ über einen Zeitraum von ca. 10 Jahren gerechnet werden. Die Freisetzung ist in den ersten Jahren nach Umbruch am höchsten (OSTERBURG et al. 2009). Zu beachten ist, dass aktueller Schutz keine dauerhaft sichernde Wirkung darstellt, sondern ggf. nur zeitliches Aufschieben einer Freisetzung von Boden-C und -N.

Dauergrünland entzieht je nach Bodenverhältnissen der Atmosphäre 1,6 t - 5 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹; berechnet auf der Grundlage einer 20jährigen Akkumulationszeit des Bodenkohlenstoffs bei der Umwandlung von Acker- in Grünland (POEPLAU et al. 2011). Eine Bezifferung der Minderungskosten (€/t CO_{2Äq}) sollte berücksichtigen, dass innerhalb der Zeit, in welcher eine THG-Freisetzung verhindert wird, sich die jährlich anfallende Opportunitätskosten alternativer Nutzungen zu langfristig sehr hohen Kosten kumulieren. Eine höhere Vorzüglichkeit ackerbaulicher Nutzungen und abnehmende Verwertungsmöglichkeiten für Grünland aufgrund zurückgehender Rinderbestände können zu hohen Opportunitätskosten einer Grünlanderhaltung führen. Die Kostenwirksamkeit ist somit stark von der Länge des Betrachtungszeitraums abhängig. Auf ackerfähigen Standorten sind die Opportunitätskosten der Grünlandnutzung an der Pachtdifferenz zwischen Acker- und Grünland ablesbar (OSTERBURG et al. 2009).

Die traditionelle Form der Grünlandnutzung – die Verfütterung von Grassilage oder Heu an Rinder – ist aufgrund züchterischer und technischer Fortschritte in der Milchviehhaltung und des Strukturwandels in der Landwirtschaft seit längerem rückläufig. So finden z.B. in Baden-Württemberg gegenwärtig rund 135.000 ha und damit 21% der gesamten Grünlandfläche keine Verwertung mehr in der Tierhaltung. Dieser Überschuss wird bis zum Jahr 2015 auf rund 26% der Grünlandfläche anwachsen. Die Folge ist, dass Dauergrünlandschutz alternative Nutzungskonzepte benötigt (RÖSCH 2007). Wie aktuelle Entwicklungen zeigen, wird die Nutzungsoption des Energiepflanzenanbaus für Biogasanlagen auf Grünland von einer Intensivierung und damit von negativen sowohl Klima- als auch Naturschutzwirkungen begleitet.

Die Nahrungsmittelproduktion durch extensive Wiedernutzung aufgegebenen Grünlandflächen könnte eine Importreduktion ermöglichen. Auch eine Nutzung der Aufwüchse von vorhandenem Restgrünland in Biogasanlagen ist sinnvoll. Weitere Anreize für eine Weiterbewirtschaftung insbesondere von Dauergrünland bieten Vertragsnaturschutz (z.B. zum Gewässerschutz zur Vermeidung von Nitratauswaschung und zum Schutz vor Erosion je nach Lage der Fläche), AUM laut ELER- Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 Art. 39 (Grünlandwirtschaft) sowie Zahlungen für benachteiligte Gebieten, wie z.B. Natura 2000-Zahlungen oder investive Maßnahmen der ländlichen Entwicklung (OSTERBURG et al. 2009, NITSCH et al. 2010).

Neben der Vermeidung des Verlustes von Grünland als Lebensraum für Flora und Fauna sind vielfältige Naturschutzaspekte des Grünlandschutzes zu nennen: U .a. auf die Sphäre der Luft wirkt Grünland z.B. durch Kaltluftproduktion, Temperatúrausgleich und Luftbefeuchtung positiv. Es prägt in vielen Gebieten die typische Kulturlandschaft und sorgt durch eine Auflockerung für ein vielfältiges Landschaftsbild.

Gesetzliche Grundlagen des Grünlandschutzes bestehen in den einzelnen Landesverordnungen auf Grundlage des Direktzahlungen-Verpflichtungengesetzes (DirektZahlVerpflG, § 5 Abs. 3 Nr. 1) in Verbindung mit der Durchführungs-Verordnung (EG) Nr. 794/2004 sowie der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 über Direktzahlungen (DirektzahlVerpflV), in denen eine Einschränkung des Grünlandumbruchs nach CC auf Grundlage standortspezifischer Kriterien geregelt wird und in der FFH-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG zu Natura2000). Im Rahmen der deutschen Gesetzgebung zum Natur- (Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)) sowie des Wasser- und Bodenschutzes wird unter guter fachlicher Praxis verstanden, einen Grünlandumbruch auf besonders sensiblen Standorten zu unterlassen (OSTERBURG et al. 2009, NITSCH et al. 2010).

Zwar sind Direktzahlungen im Rahmen von Cross Compliance auch an Auflagen zum Erhalt des Grünlandanteils an der landwirtschaftlichen Nutzfläche geknüpft (GAP 1. Säule). Jedoch greifen in Deutschland einzelbetriebliche Auflagen erst, wenn auf Länderebene der Anteil des Dauergrünlands um mehr als 5% abgenommen hat. Nach den bundesrechtlichen Umsetzungsvorschriften sind die betroffenen Länder in diesem Fall aufgefordert, den Umbruch von Dauergrünland zu beschränken oder zu verbieten (§ 3 in Verbindung mit § 5 Abs. 3 Nr. 1 DirektZahlVerpflG). Entsprechende Landesverordnungen sind in fünf Ländern (Schleswig-Holstein, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen) in Kraft. Festgestellte Verstöße gegen die Vorschriften dieser Verordnungen werden im Rahmen von CC mit Prämienkürzungen sanktioniert (MÜLLER 2009).

4.3.16 a) Extensivierung der Moornutzung b) Extensivierung der Grünlandnutzung (auf moorigen- /anmoorigen- Standorten)

Die landwirtschaftliche Nutzung von moorigen und anmoorigen Standorten führt über die Degradation (Abbau der organischen Substanz nach Trockenlegung des stark organischen Bodens bzw. Moorkörpers) zur Freisetzung von Kohlenstoff- und THG. Das UBA (2012) gibt infolge des Landnutzungswandels von Moorgrünland zu Ackerland einen durchschnittlichen Emissionsfaktor für eine sofortige Freisetzung des Kohlenstoffvorrates in Höhe von 12,6 t CO_{2Äq} ha⁻¹ an. Um die C_{org}-Abbauraten zu senken bzw. zu stoppen, ist eine Wiedervernässung der degradierten Niedermoor- und Moorstandorte unumgänglich (SRU 2008).

Im diesem Abschnitt werden Maßnahmen beschrieben, die es erlauben diese Böden mit einer standortangepassten Bewirtschaftung in landwirtschaftlicher Nutzung zu halten. Eine Option besteht in der extensiven Beweidung wiedervernässter Feuchtwiesen durch Rinder in Mutterkuhhaltung mit einem durchschnittlichen jährlichen Viehbesatz unter 1,4 RGV/ha (auf einigen Standorten sind bis zu 2 RGV/ha möglich). Weitere Nutzungsmöglichkeiten bestehen in der Wiederanlage und Nutzung von Auwäldern in Flussniederungen oder in einer extensiven Biomasseerzeugung z.B. durch Schilfanbau in wiedervernässten Feuchtgebieten z.B. in Form von Paludikulturen (OSTERBURG et al. 2007, HIRSCHFELD et al. 2008, UNIVERSITÄT GREIFSWALD 2010). U.a. bei Paludikulturen wirkt sich nicht nur die Wiedervernässung positiv auf den Klimaschutz aus, sondern auch die Verwendung der Biomasse um fossile Roh- und Brennstoffe zu ersetzen.

Zu Beginn des Bioenergiebooms 2005 wurde das Flächenpotential zum Anbau energetisch nutzbarer Biomasse auf wiedervernässten Niedermoorstandorten in Norddeutschland auf fast 210.000 ha geschätzt (SCHLEGEL et al. 2005). Zur Verhinderung negativer Effekte bei einer derartigen extensiven Nutzung wird empfohlen, auf den Einsatz mineralischer N-Düngemittel und Meliorationsmaßnahmen zu verzichten. Die Einpegelung der Wasserstände in Richtung einer naturnahen Lage gewährleistet dabei den deutlichsten Klimaschutzeffekt. Zu beachten ist dabei, dass Überstau während der Vegetationsperiode möglichst zu

vermeiden bzw. auf möglichst kleine Flächen oder kurze Zeiträume zur Wiederbesiedelung durch Torfmoose zu beschränken ist, da in nährstoffreichen Niedermooren extrem hohe Methanemissionen entstehen können (DRÖSLER et al. 2011).

Die Extensivierung der Grünlandnutzung auf Moorstandorten stellt keinen dauerhaften Klimaschutz dar. Die Speicherung oder Verhinderung der Freisetzung von THG ist reversibel und an die Dauer dieser Maßnahme gebunden. Die Bewirtschaftung erfordert z.B. zur Durchführung von Pflegeschnitten eine sommerliche Wasserabsenkung, mit Folge der Torfmineralisation. Varianten von extensiver Nutzung bieten daher keinen sicheren Schutz des Torfkörpers. Sofern sie z.T. mit tiefer Entwässerung einhergehen, können sie sogar zu Verlusten der Moorböden beitragen, und sollten nicht per se als nachhaltig bezeichnet werden (KOWATSCH et al. 2008). So hat Extensivgrünland mit einem Jahresmittelwasserstand unter -20 cm nur in 50% der Testgebiete geringere Treibhausgasemissionen als Intensivgrünland. Dagegen werden für Extensivgrünland mit einem Jahresmittelwasserstand von über -20 cm in allen Testgebieten um 50 bis 75% geringere Treibhausgasemissionen als Intensivgrünland angegeben (DRÖSLER et al. 2011).

Das theoretische Emissionsminderungspotenzial einer klimafreundlichen Moornutzung durch Extensivierung und konsequentes Wiedervernässen auf naturnahe Wasserstände in Deutschland wird auf rund 35 Millionen Tonnen $\text{CO}_2\text{Äq a}^{-1}$ bzw. 76% der aktuellen Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren geschätzt (FREIBAUER et al. 2009). In Abhängigkeit der Flächenproduktivität kann die Vernässung extensiver, kaum oder nicht landwirtschaftlich genutzter Flächen nur zu einer geringen Treibhausgaseinsparung pro Hektar führen. Diesen Einsparungen stehen meist nur verhältnismäßig geringe Opportunitätskosten gegenüber. Dem gegenüber ist die vollständige Vernässung bis zum naturnahen Zustand unter Nutzungsaufgabe intensiv landwirtschaftlich genutzter Flächen mit sehr hohen Opportunitätskosten verbunden, kann jedoch eine sehr hohe Treibhausgaseinsparung pro Hektar erreichen (FRELH-LARSEN et al. 2008, DRÖSLER et al. 2011). In anderen Renaturierungssituationen, insbesondere bei hohen Kosten für die Landwirtschaft und geringen CO_2 -Einsparungen, können die CO_2 -Minderungskosten deutlich höher ausfallen.

Rund 13.000 ha Moorgrünland und 2.500 ha Salzgrasland waren 2006 in den jeweiligen Teil-Programmen zur naturschutzgerechten Grünlandnutzung gebunden (BMELV 2007). Eine detaillierte Beschreibung der in Moor- und Naturschutzprogrammen umgesetzten Maßnahmen fehlt jedoch (DRÖSLER et al. 2011). Exemplarisch für eine positive Entwicklung des Moorschutzes soll im Folgenden das Beispiel des Moorschutzes¹⁷ von Mecklenburg-Vorpommern genannt werden, da es die Renaturierung von 60% der ca. 300.000 ha Niedermoore bis 2020 plant und im Jahr 2008 bereits auf 25.446 ha die extensive Moornutzung gefördert wurde (OSTERBURG et al. 2009, MLUV MECKLENBURG-VORPOMMERN 2009).

Die agrarpolitische Rahmenbedingungen erlauben es, dass landwirtschaftliche Prämien für Flächen gewährt werden, die 2008 noch landwirtschaftlich genutzt wurden, auch wenn diese aufgrund der Umsetzung von europäischen Richtlinien zum Wasser- und Naturschutz¹⁸

¹⁷ Das Moorschutzeskonzept Mecklenburg-Vorpommern zur Förderung der naturschutzgerechten Bewirtschaftung von Grünlandflächen (Zielgröße "Keine Umwandlung von Grünland in Ackerland sowie Rückführung von Acker auf Niedermoor in Grünland") basiert auf folgenden Richtlinien (MLUV Mecklenburg-Vorpommern 2009):

- Förderung der nachhaltigen Entwicklung von Gewässern und Feuchtlebensräumen
- Förderung von Investitionen zugunsten schützenswerter Arten und Gebiete
- Förderung der naturschutzgerechten Bewirtschaftung von Grünlandflächen
- Richtlinie zur Förderung forstwirtschaftlicher Maßnahmen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“.

¹⁸ Wasserrahmen- Vogelschutz und FFH-Richtlinie

heute nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden können. Da Schilf, zur stofflichen und energetischen Nutzung¹⁹, kein landwirtschaftliches Produkt ist, ist eine Förderung des Schilfanbaus über Direktzahlungen nur möglich, wenn der Schilfanbau zur Umsetzung der drei genannten Richtlinien etabliert wird, und wenn die Fläche 2008 landwirtschaftlich genutzt wurde. Berücksichtigt man die Flächenerwerbskosten bei der Kostenschätzungen für die energetische Nutzung von Schilf, so ist erst bei einer Ernte von 40 t TM/ha und Jahr eine kostendeckende Produktion der Biomasse möglich (WICHTMANN et al. 2009). Im Vergleich zu Paludi- bzw. Schilfkulturen sind zur Zeit noch herkömmliche Nutzungsvarianten deutlich rentabler (KOWATSCH et al. 2008).

Nach DRÖSLER et al. (2011) wird bei der Etablierung von Extensivgrünland eine gewisse Verschiebung im Artenspektrum von Flora und Fauna erwartet. Dies erfolgt jedoch durchaus im Sinne des Naturschutzes. Im Landschaftsbild zeigt sich eine höhere Strukturvielfalt.

4.3.17 Moorrenaturierung / Wiedervernässung

Die ackerbauliche Nutzung von Mooren ist die größte Treibhausgas-Einzelemissionsquelle im Sektor Landwirtschaft (SRU 2008). Alleine auf Moorböden wurden in zwei Jahren 6.000 ha Dauergrünland zu Ackerland umgebrochen (NITSCH et al. 2010). Der Schutz von Mooren bedeutet im Wesentlichen den Erhalt oder die (Wieder-) Herstellung von Bedingungen, welche in der Vergangenheit zum Aufbau des Torfkörpers geführt haben: Biomasseakkumulationen durch Verlangsamung des Abbaus des organischen Materials unter anaeroben Bedingungen infolge von hohen Grundwasserständen. Ist dies nicht mehr der Fall, kommt es wie vor allem bei mächtigeren, entwässerten Torfkörpern über viele Jahre hinweg zu nahezu konstant hohen THG-Emissionen. Diese können durch Renaturierung verhindert werden, wobei die Erhaltung einer Senkenfunktion reversibel ist (OSTERBURG et al. 2009, SRU 2008, VON HAAREN et al. 2010).

Um an derartigen Standorten den bisher akkumulierten Kohlenstoff zu erhalten oder weiteren zu speichern, sind bestimmte Landnutzungseinschränkungen erforderlich. Die Erhöhung des Grundwasserspiegels in vormals entwässerten Niedermooren hat die Aufgabe der Acker- und i. d. R. der intensiven Grünlandnutzung zur Folge. Hiermit wird der Torfabbau deutlich vermindert. Bei starker Vernässung kommt es u.U. sogar wieder zum Einsetzen der C-Akkumulation (KÖRNER et al. 2007, VERBERK et al. 2006, GELBRECHT et al. 2006). Entsprechend angepasste Maßnahmen sind in der Lage THG-Emissionen, die mit einer Reduzierung des Torfkörpers einhergehen, wirksam zu verhindern und unterstützen Speicherungsfunktionen als positive Klimaschutzwirkung. Die derzeit bereits durch Moor- und Naturschutzprogramme umgesetzten Maßnahmen wurden jedoch nicht ausreichend unter den Klimaschutzaspekten gebündelt und beschrieben (DRÖSLER et al. 2011).

Das Minderungspotential (d.h. die mögliche Minderung in t CO_{2Äq}) durch Änderung der bestehenden Landnutzungssysteme ist beachtlich. So werden pro Hektar Moorfläche unter Grünlandnutzung jährlich etwa 18 t CO_{2Äq}, unter Ackernutzung sogar 40 t CO_{2Äq} freigesetzt. In Deutschland beliefen sich die THG-Emissionen landwirtschaftlich genutzter Moorflächen in 2006 auf 36,9 Mio. t CO_{2Äq}. Bei einem vollständigen Ausschöpfen dieses Reduktionspotentials (entspricht einem Flächenbedarf von 1.400.000 ha bei theoretischer Annahme der Vernässung aller Moorflächen) könnten die Gesamtemissionen der deutschen Landwirtschaft um 27,7% gesenkt werden (HIRSCHFELD et al. 2008).

Diese Abschätzung beinhaltet gleichzeitig eine Über- und Unterschätzung: Einerseits ist die Wiedervernässung nicht bei allen Moorflächen vollständig möglich; andererseits ist die Annahme einer Null-Emission von CO₂ eine Unterschätzung der langfristigen

¹⁹ Im Gegensatz zur Nutzung als Einstreu.

Klimaschutzpotenziale der Wiedervernässung, denn wachsende (torfakkumulierende) Moore speichern Kohlenstoff. Auch wenn eine präzise THG-Gesamtbilanz derzeit (noch) nicht möglich ist, wird generell mit der Wiedervernässung eine klare Verminderung der gesamten klimatischen Wirkung von Niedermooren verbunden (HIRSCHFELD et al. 2008, OSTERBURG et al. 2009, FREIBAUER et al. 2009, AUGUSTIN et al. 2009, VON HAAREN et al. 2010, DRÖSLER et al. 2011).

Die Wiedervernässung führt zur Minderung der CO₂-Freisetzung, verursacht jedoch bei Überstau gedüngter Felder - besonders zu Beginn der Maßnahme – oft eine Steigerung der N₂O- bzw. CH₄-Emissionen. Die Bestimmung der Netto-Kohlenstofffestlegung wird zudem durch gleichzeitig auftretende Methanemissionen erschwert, da bei einer Vernässung auch die CH₄-Emissionen ansteigen können. Das genaue Ausmaß hängt dabei wesentlich von den Moorstandorten und insbesondere von den klimatischen Verhältnissen und dem Moortyp ab. Eine bilanzierende Betrachtung beider Treibhausgase bei einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren (Aufrechnung in Form von Kohlendioxid-Äquivalenten) zeigt, dass z.T. die Methanemissionen schwerer wiegen als die Neu-Bindung von Kohlenstoff, sodass ungestörte aber auch restaurierte Moore (Wiedervernässung) mit Emissionen zwischen 0,1 und 0,7 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ Netto-Emittenten von Treibhausgasen sind (DRÖSLER et al. 2011, FLESSA et al. 2012).

Hier gilt es jedoch zusätzlich zu bedenken, dass Moore grundsätzlich Kohlenstoff für Tausende von Jahren speichern können, das aber aus Mooren gleichzeitig emittiertes Methan durchschnittlich nach 12 Jahren abgebaut wird: Je länger der Zeitraum der Betrachtung also gewählt wird, desto geringer ist die Differenz der Klimawirksamkeit der beiden Treibhausgase Methan und Kohlendioxid. So vermindert sich der Umrechnungsfaktor von Methan in CO₂-Äquivalente bei einem Betrachtungszeitraum von 100 gegenüber einem Zeitraum von 500 Jahren von 21 auf nur noch 7,6. In Bezug zur Gesamtlebensdauer müssen Moore in jedem Fall als Netto-Senken von Treibhausgasen bzw. deren Ausgangsstoffen bezeichnet werden. In der Gesamtbilanz spielen ungestörte Moore nur eine geringe bzw. im Rahmen der Betrachtungen eines 100 Jahres-Zyklus vernachlässigbare Rolle als Emissionsquelle (VON HAAREN et al. 2010). Dagegen ist die Bilanz entwässerter und landwirtschaftlich genutzter Moorflächen insgesamt erheblich schlechter. Die Bilanzen von als Ackerland oder Grünland genutzter Moorstandorte werden von verschiedenen Autoren dabei unterschiedlich hoch angegeben: OSTERBURG et al. (2009) veranschlagen den Torfabbau mit CO₂- und N₂O-Freisetzungen von bis zu 15 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹. DRÖSLER et al. (2011) zeigen, das Mooracker 44,2 t CO_{2Äq} und Moorgrünland 22,2 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ emittiert.

Die Minderungskosten (€/t CO_{2Äq}) sind regionsspezifisch deutlich unterschiedlich und können besonders im Fall des Kaufes der Moorflächen durch die öffentliche Hand sehr hoch liegen. Bei Berücksichtigung von Zielen des Wasserschutzes und des Naturschutzes bzw. bei Kumulierung der Beiträge zu den einzelnen Zielen und längeren Betrachtungszeiträumen von über 10 Jahren resultieren jedoch günstigere Kostenwirksamkeiten der CO_{2Äq}-Vermeidung. Eine Nutzung der Biomasseaufwüchse kann die Kostenwirksamkeit weiter verbessern (OSTERBURG et al. 2009). DRÖSLER et al. (2011) halten Treibhausgasminderungskosten zwischen 10 und 135 € pro t CO_{2Äq} bei einer Maßnahmendauer von 20 Jahren (durchschnittlicher regionale Flächenwerte inkl. Prämienzahlung) für möglich. Hierbei werden sowohl Kosten der Landwirtschaft, die bei Umstellung/Aufgabe der Flächennutzung entstehen, sowie - soweit möglich - die veränderten Kosten der Entwässerung, bzw. der Wasserbereitstellung berücksichtigt. Unter sehr ungünstigen Renaturierungssituationen, insbesondere bei hohen Kosten für die Landwirtschaft und geringen CO₂-Einsparungen, können die CO₂-Minderungskosten deutlich höher ausfallen und Beträge bis zu über tausend €/t CO_{2Äq} erreichen. Dagegen können Treibhausgasminderungskosten durch Moorschutz in günstigen Renaturierungssituationen

jedoch durchaus kostengünstiger als alternative Klimaschutzmaßnahmen wie z.B. die Förderung von Biokraftstoffen und Biogas sein. Dieses relevante Flächenpotential ist jedoch nur bei Bereitstellung entsprechender Finanzmittel zu erwarten, da eine Grünlandnutzung nach Vernässung unrealistisch ist (OSTERBURG et al. 2007). Diesbezüglich sprechen OSTERBURG et al. (2007) bei Wiedervernässung landwirtschaftlicher Flächen auch weniger von Agrarumweltmaßnahmen als von Infrastrukturmaßnahmen.

Die Wirkungen durch die Moorwiedervernässung bzw. -renaturierung sind vielfältig und sehr gut geeignet für den Landschafts- und Naturschutz. Die Nährstoff- und Wasserspeicherfunktion wird wieder hergestellt, die Wasserqualität verbessert und somit im Mittel ein Austrag von 100 kg N/ha * a verhindert (OSTERBURG et al. 2009). Es ist noch unklar, ob im Zuge der Niedermoorrenaturierung, zumindest kurzfristig, erhöhte Nährstoffraten in angrenzende Gewässer eingetragen werden können. Eine ansteigende Gewässergüte wird jedoch mittel- bis langfristig erwartet, auch wenn auf einigen Flächen insbesondere bei vorheriger intensiver Grünlandnutzung z.B. eine erhöhte Nährstoffauswaschung auftritt (VON HAAREN et al. 2010). Die Wiederherstellung von Biotopen bzw. die Entlastung von Nutzungsdruck bietet Raum zur Wiederansiedlung verdrängter und teilweise in ihrem Bestand bedrohter Tier- und Pflanzenarten (HIRSCHFELD et al. 2008, OSTERBURG et al. 2007). Angesichts der unterschiedlichen Lebensraumanprüche der Arten kann ein positiver Effekt jedoch nicht für die Gesamtheit aller Arten pauschalisiert werden, wie es der z.T. beobachtete Rückgang von Makroinvertebraten zeigt (VON HAAREN et al. 2010).

4.4 Diskussion und Fazit

Die im Maßnahmenkapitel einzeln analysierten Auswirkungen zeigen, dass in vielen Bereichen in der Landwirtschaft Synergien zwischen Maßnahmen des Natur- und des Klimaschutzes bereits bestehen oder bestehen können.

Im Folgenden werden für die drei landwirtschaftlichen Strategiebereiche, in denen Synergien auftreten und umgesetzt werden können, a) Umstellung auf nachwachsende Energieträger (Substitution), b) Effizienzverbesserung (Vermeidung) und c) Schutz der organischen Böden (Erhalt der Senken) die Spannen der THG-Minderungspotenziale und Kosten der behandelten Maßnahmen kurz zusammengefasst.

Im Bereich "Substitution" weisen Biokraftstoffe und Biogas auf Maisbasis nur geringe Einsparpotentiale von ca. 2-3 t CO_{2Äq} ha⁻¹ und hohe CO_{2Äq}-Vermeidungskosten zwischen 150 bis weit über 400 € / t CO_{2Äq} auf. Entsprechend der Ausgestaltung der Bioenergiepfade (zu beachten sind vorhandene technische Möglichkeiten und die Konkurrenz um Potentiale) bilden die Reststofflinien infolge von niedrigen Vermeidungskosten um 50 € / t CO_{2Äq} und ihrer Flächenneutralität die günstigsten Maßnahmen ab. KUP-Plantagen sind bei vergleichbaren Vermeidungskosten von einem höheren Vermeidungspotential (10 – 20 t / ha) gekennzeichnet, stehen jedoch auf vorher landwirtschaftlich genutzten Flächen, was zur Konkurrenz mit der Futter- und Nahrungsproduktion und zu Verlagerungseffekten führt. Alternative Energiepflanzen-Anbauverfahren sind infolge der unterschiedlichen speziellen Intensität und Ausgestaltung in ihrer Klimawirkung nur schwer einzuordnen, können jedoch sehr günstige naturschutz- und kulturlandschaftliche Aspekte aufweisen.

Die parallele Realisierung der energiepolitischen Ausbauziele - abgeleitet aus den Klimazielen - über die verschiedenen Nutzungsformen von Biomasse (Strom, Wärme und Treibstoff) führt insgesamt zu hohen und national nur schwer erfüllbaren Flächenansprüchen. Dabei besteht ein stark positiver Zusammenhang zwischen den Anforderungen an eine ökologie- und raumverträgliche Ausgestaltung von Biomassepfaden und dem absoluten Flächenanspruch. Der durch Konkurrenz von Nahrungsmitteln,

Futtermitteln, nachwachsenden Rohstoffen und Energie auf einer begrenzten oder sogar absolut sinkenden Landnutzungsfläche steht ein steigender Flächenbedarf bei der Integration von Umweltleistungen entgegen.

Im Bereich „Effizienz“ zur Verminderung von THG- Emissionen aus der Landwirtschaft wurden Maßnahmen zur Verhinderung von N-Verlusten und zur Förderung der natürlichen N-Bindung auf den landwirtschaftlichen Betrieben vorgestellt. Das Vermeidungspotential bezogen auf die Fläche liegt in einer Größenordnung von 0,2 bis 2 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹. Die Minderungskosten der flächenneutralen Maßnahmen beruhen hauptsächlich auf den Investitionen für die erforderlichen Baumaßnahmen bzw. technischen Geräte. Hier liegt die Spanne bei 0,1 bis 10 € pro kg N-Bilanzüberschuss; die bei umfassenderer Umsetzung der Emissionseinsparpotentiale entsprechend anspruchsvoller und damit teurer werden. Die Bewertung der Maßnahmen auf der Fläche richtet sich stark nach der Fruchtfolge und den verbundenen Referenzverfahren; Änderungen und Differenzbetrachtungen vor allem des maßgeblich verantwortlichen Mineraldüngereinsatzes bestimmen nachfolgend die Einsparungspotentiale der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft sowie die Opportunitätskosten und Verdrängungseffekte.

Maßnahmen im Bereich „Senken“ unterstützen eine Einlagerung oder verhindern potentielle Freisetzen von klimawirksamen THG in bzw. aus organischen Böden. Eine Sequestrierung von Kohlenstoff in der Größenordnung von 0,2 – 10 t C pro ha und a im Boden kann erreicht werden; diese ist allerdings reversibel an die Beibehaltung der Bewirtschaftungsweise gekoppelt. Der Abbau der Bodenkohlenstoffvorräte durch aktuelle ackerbaulichen Nutzung oder durch Landnutzungsänderungen (Umbruch, Intensivierung, Entwässerung) kann eine Größenordnung von 15 – 44 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ erreichen. Insgesamt sehr hohe Vermeidungsmöglichkeiten von THG-Emissionen ergeben sich daher aus der Verhinderung dieser Abbauprozesse infolge einer bisher wenig angepassten Nutzung der organischen Böden. Minderungskosten der Maßnahmen zwischen 10 und 135 € pro t CO_{2Äq} sind unter günstigen Renaturierungsbedingungen zu erwarten; können jedoch u.a. infolge von Opportunitätskosten deutlich höher ausfallen.

Eine Bewertung der Maßnahmen zu erneuerbaren Energien in der Landwirtschaft und die Ableitung möglicher Synergien von Naturschutz- und Klimaschutzzielen werden stark durch die Ausgestaltung der Biomassepfade bestimmt. Zu unterscheiden sind hier Synergiewirkungen bzw. Konflikte infolge von Änderungen des Flächenumfangs (Effizienz und Minderungspotenziale) und der auf diesen Flächen angebauten Kulturen (Habitatqualität und spezielle Intensität). Die Ausgestaltung der landwirtschaftlichen Produktionssysteme hat dabei einen entscheidenden Einfluss auf qualitative Änderungen von Umwelt und Kulturlandschaft. Hinsichtlich der in der letzten Dekade weitflächig geförderter Biomassestrategien als Beitrag zur Erzeugung erneuerbarer Energien erscheint ein Schwenk hin zur Reststoffnutzung und Erweiterung der Fruchtfolge dringend geboten.

Eine Bewertung der Maßnahmen zu Landnutzung und Landnutzungsänderungen erfordert die Analyse des Beitrags, den die deutsche Landwirtschaft durch die Senkung von Treibhausgasemissionen zum Klimaschutz unter Berücksichtigung von klimafreundlichen landwirtschaftlichen Praktiken sowie bei der Förderung der Kohlenstoffspeicherung in von der Landwirtschaft genutzten Ökosystemen erreicht (KOM 2009). Hierbei ist die Analyse von Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) welche infolge unterschiedlicher Viehhaltungs- und Düngerausbringungstechniken, sowie die Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) und anderen Treibhausgasen im Rahmen von Landnutzungsänderungen von entscheidender Bedeutung (BUTTERBACH-BAHL et al. 2010).

Folgende Aufstellung verdeutlicht die Raumwirksamkeit der einzelnen Maßnahmen und einer infolge von Flächenansprüchen mögliche Entstehung von Opportunitätskosten und Verdrängungseffekten.

Tab. 7: Vergleich der Maßnahmen: Dauerhaftigkeit der Emissionsreduktion, Auftreten von direkten und indirekte Effekten infolge der Flächenbeanspruchung.

Maßnahme	Dauerhaftigkeit	Nutzungskonkurrenzen / Opportunitätskosten	Verlagerungseffekte
Bereich Substitution			
1. NawaRo Anbau für Biogasanlagen	dauerhafte Einsparung von THG	bestehen zu Lebensmitteln Bei Ernte der ganzen oberirdische Masse (Silomais, Ganzpflanzensilage) verringert das Strohaufkommen	Verlagerungseffekte: Intensivierung der Flächennutzung, Umbruch von Grünland
2. Förderung der Fruchtartenvielfalt durch a) Anbau mehrjähriger Kulturen b) Anbau von Zwischenfrüchten / Untersaat/ Mischkulturen	Kohlenstoffbindung reversibel	bei Anlage auf Grünlandflächen besteht Konflikt mit Naturschutzaspekten. durch möglichen Minderertrag Konkurrenz zu ertragreichen Biogassubstraten u. U. Einsparung von Düngung	ja bei NaWaRo nein bei Zwischenfrüchten etc.
3. Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen	dauerhafte Einsparung von THG (Methan-Minderung bis zu 90%)	keine Nutzungskonkurrenzen durch Gülle, Corg Abbau im Fermenter berücksichtigen	keine Verlagerungseffekte N2O-Emissionen können auf die Zeit nach der Ausbringung verlagert werden
4. NawaRo-Anbau für die Produktion von Biodiesel (Kraftstoffe)	dauerhafte Einsparung von THG	ja: Anbau von NawaRo anstatt Lebensmittel	Verlagerungseffekte: Intensivierung der Flächennutzung
5. NawaRo-Anbau für die Produktion von Bioethanol (Kraftstoffe)	dauerhafte Einsparung von THG	ja: Anbau von NawaRo anstatt Lebensmittel	Verlagerungseffekte: Intensivierung der Flächennutzung
6. Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen	dauerhafte Einsparung von THG	nein aber Änderung Bodenkohlenstoffhaushalt	keine Verlagerungseffekte
7. Anbau von schnellwachsenden Hölzern auf Ackerflächen (KUP)	dauerhafte Einsparung von THG	ja	Verlust des energetisch nutzbaren Stroh
8. Thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen	dauerhafte Einsparung von THG	evtl. bei mehreren möglichen energetischen Verwertungswegen Verlust von N während der Verbrennung	keine Verlagerungseffekte

Maßnahme	Dauerhaftigkeit	Nutzungskonkurrenzen / Opportunitätskosten	Verlagerungseffekte
Bereich Effizienz			
9. Management Wirtschaftsdünger: a) ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger b) Abdeckung Mist-/Gülle-/Gärrest- Lagerstätten		keine Nutzungskonkurrenzen	N2O-Emissionen u.U. nun nach der Ausbringung
10. Emissionsarme, bodennahe, abdriftarme, präzise Ausbringungsverfahren	irreversibel	nein	keine Verlagerungseffekte
11. Umstellung auf Ökologischen Landbau	irreversibel und klimaeffekt v.a. durch geringeren Düngemiteleinsatz	Nutzungskonkurrenzen höherer Flächenanspruch aufgrund geringerer Intensivität	ja
12. Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs	Kohlenstoffbindung reversibel	nein	keine Verlagerungseffekte
Bereich Senken			
13. Humusanreicherung durch a) Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen und b) konservierende Bodenbearbeitung c) Direkt-, bzw. Mulchsaat	Reduzierung von THG Speicherleistung erschöpft sich	Konkurrenz um Biomasse zur energetischen Verwertung	keine Verlagerungseffekte
14. Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta)	ja	nein (wenn aus Bioabfällen hergestellt)	nein (wenn aus Bioabfällen hergestellt)
15. Erhalt von Dauergrünland	Keine dauerhaft sichere Wirkung, zeitliches Aufschieben einer Freisetzung von Boden-C und N	infolge abnehmender Verwertungsmöglichkeiten für Grünland	keine Verlagerungseffekte
16. Extensivierung der Grünlandnutzung (auf moorigen- /anmoorigen-Standorten) Extensivierung der Moornutzung inkl. Paludikulturen	Erhaltung dieser Senken ist reversibel	Opportunitätskosten	ja bei vorheriger höherer Produktion
17. Moorrenaturierung /Wiedervernässung/	reversibel	Verlust landwirtschaftlicher Fläche	möglich

Es wurde festgestellt, dass der Datenbestand zu THG-Emissionen im Bereich der Landnutzung bislang noch unzureichend ist, da nicht alle Aspekte der landnutzungsbedingten THG-Bindung und -Bildung geklärt sind, wie z.B. die Dauer der C-Sequestrierung. Zudem ist zu berücksichtigen, dass durch eine Maßnahme zwar ein spezifisches Treibhausgas vermieden bzw. reduziert wird, hierbei aber gleichzeitig der Ausstoß eines anderen THG ausgelöst bzw. verstärkt wird (VON HAAREN et al. 2010). Somit muss bei der Gestaltung von Politikinstrumenten nicht nur die Herstellung von Synergien zwischen Klima- und Naturschutz berücksichtigt werden, sondern es muss auch darauf geachtet werden, dass im Bereich des Klimaschutzes nicht verschiedene Effekte gegeneinander laufen.

5 Bewertung einzelner Politiksznarien mit RAUMIS

5.1 Einleitung

Mit Hilfe des Agrarsektormodells RAUMIS (WEINGARTEN 1995) wird analysiert, wie sich verschiedene Optionen zur Einsparung von Treibhausgasen in der Landwirtschaft auswirken. Dieses Modell bildet den deutschen Agrarsektor konsistent und räumlich differenziert ab. Im Fokus der Analyse stehen insbesondere Veränderungen der Landnutzung und die Kosten der THG-Einsparung. In der folgenden Arbeit werden drei Optionen näher betrachtet. Diese sind die Produktion von Bioenergie auf Basis von (1) Energiemais bzw. (2) Kurzumtriebsplantagen (KUP) und (3) die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung kohlenstoffreicher (organischer) Böden (Moore). Mit Hilfe dieser Optionen soll eine Einsparung der THG-Emissionen im Bereich Landwirtschaft erzielt werden, die den Vorgaben der Ausbauziele für die Erneuerbaren Energien bis 2020 entspricht (vgl. BMU 2010). Die drei Optionen wurden gewählt, weil ihnen einerseits ein erhebliches technisches Potential zur Einsparung von Treibhausgasen zu vertretbaren Kosten bescheinigt wird (siehe vorheriges Kapitel), aber andererseits die Realisierung dieses Potential mit erheblichen Flächenansprüchen verbunden ist. Diese zusätzlichen Flächenansprüche können die Konflikte zwischen Landwirtschaft und Naturschutz tendenziell verschärfen.

Das Modell RAUMIS wurde im Rahmen der Arbeiten so erweitert, dass auch die Emissionen in Folge einer Produktionsverlagerung ins Ausland abgeschätzt werden können.

5.2 Material und Methode - das Modell RAUMIS

Das partielle Angebotsmodell RAUMIS bildet den deutschen Agrarsektor mit einem Prozessanalyseansatz regional differenziert ab. Die landwirtschaftliche Produktion sowie der dazu erforderliche Input werden durch rund 40 Aktivitäten und über 50 Produkte dargestellt. Das Modell ist in enger Anlehnung an die offizielle landwirtschaftliche Gesamtrechnung (LGR) konzipiert und entspricht den Regeln und Definitionen des „Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen“ (ESVG 1995). Auf der Grundlage einer geschlossenen und konsistenten Datengrundlage werden 326 so genannte „Modellregionen“ unterschieden. Dies basieren auf den Stadt- und Landkreisen, wobei die kreisfreien Städte den benachbarten Landkreisen zugeordnet werden.

Im Hinblick auf das Angebotsverhalten der Landwirtschaft wird Gewinnmaximierung unterstellt, wobei optimale Produktionsstrukturen in den Modellregionen im Rahmen eines Positiv Mathematischen Programmierungsansatzes (PMP) (HOWITT 1995) bestimmt werden.

Bei Wirkungsanalysen unterschiedlicher Rahmenbedingungen wird in RAUMIS ein komparativ-statischer Ansatz verfolgt. In einem ersten Schritt werden die für das Zieljahr geltenden Produktionsalternativen und Restriktionen definiert sowie die PMP-Terme fortgeschrieben. Die Spezifizierung nicht optimierungsendogener Variablen basiert auf Trendfortschreibungen von Ertrags- und Inputkoeffizienten, Kapazitäten sowie auf exogenen Informationen, beispielsweise Preisen bzw. Preisindizes aus anderen Modellen (wie CAPRI, MAGNET und AGMEMOD) oder von Marktexperten, z.B. BMELV (vgl. OFFERMANN et al. 2012). Die Anpassung der optimalen speziellen Intensität der Pflanzenproduktion orientiert sich an geänderten Produkt-Faktorpreisrelationen.

Im Rahmen des Projektes SyNaKli wurde RAUMIS um drei Komponenten erweitert. Diese sind:

- zusätzliche Bioenergielinien neben dem Anbau von Silomais für die Biogaserzeugung,
- Kulisse für die landwirtschaftliche Nutzung von organischen Böden,

- Erweiterung des Bewertungsrahmens, so dass Veränderungen in den deutschen Treibhausgasemissionen aufgrund
- von Produktionsverlagerungen bzw.
- der Substitution fossiler Energieträger ausgewiesen werden können.

5.2.1 Integration von Bioenergielinien

Bei der Abbildung von Bioenergielinien sind drei Fälle zu unterscheiden. Diese sind flüssige Energieträger (Biodiesel, Bioethanol), der Anbau von Gärsubstraten für den Betrieb von Biogasanlagen und die Anlage von KUP zur Erzeugung von Festbrennstoffen.

Der Anbau von Rohstoffen für flüssige Energieträger erfordert keine gesonderte Behandlung, da bei den hierfür angebauten Kulturen Winterweizen, Zuckerrüben oder Raps die Entscheidung über die Verwendung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse als Nahrungs-, Futtermittel oder Energieträger standortungebunden ist und meist nicht vom Erzeuger getroffen wird. Ferner hat die Art der Verwendung nur geringe Auswirkungen auf das Produktionsverfahren.

Bei der Abbildung des Anbaus von Energiemais wird dem Ansatz von GÖMANN et al. (2011) gefolgt. Beim so genannten Energiemais für die Biogasproduktion unterscheiden sich die Anforderungen vom Silomais, der als Grundfutter in der Rinderhaltung dient, so dass spezielle Energiemaissorten gezüchtet werden. Daher wurde auf der Grundlage des Silomais ein Verfahren Energiemais in RAUMIS integriert (GÖMANN et al. 2007) und in Nutzungskonkurrenz zu anderen landwirtschaftlichen Verfahren gestellt. Zur Bestimmung des Vorleistungseinsatzes (z.B. Saatgut, Düngung, Pflanzenschutzmittel, Maschinen, usw.) wurden die funktionalen Beziehungen des Silomaisverfahrens verwendet, ebenso die regionale Ertragsdifferenzierung. Entscheidend für das simulierte Anpassungsverhalten der Landwirtschaft in Bezug auf die regionalen Anbauumfänge des Energiemais ist der Verlauf der Grenzkosten²⁰, die im nicht-linearen Programmierungsmodell RAUMIS durch die oben genannten PMP-Terme abgebildet werden. Sie werden in der Regel aus ex-post Analysen und Basisjahrkalibrierungen abgeleitet und repräsentieren in aggregierter Form unterschiedliche Effekte wie beispielsweise nicht lineare Produktionsfunktionen, Heterogenität der Standortbedingungen innerhalb der als homogen betrachteten Modellregion sowie Fruchtfolgeeffekte und Risikoaversion (CYPRIS 2000). In der Summe führen diese Effekte zu steigenden Grenzkosten. Informationen zu regionalen Anbauentwicklungen des Energiemais, die zur Ableitung von Grenzkostenfunktionen genutzt werden könnten, sind zur Abschätzung zukünftiger Anbauumfänge nur bedingt belastbar, da das Verfahren erst seit 2004 etabliert ist.

Zur Modellierung des erwartbaren Anbauumfangs mit RAUMIS wird Energiemais als eine Marktfrucht eingestuft, für die ähnliche Produktionsbedingungen gelten wie beispielsweise für Getreide und Ölsaaten, und die daher einen vergleichbaren Anstieg der Grenzkosten aufweist. Aus diesem Grund wurden die PMP-Terme des Energiemaisverfahrens für eine Modellregion jeweils aus einem mit den Anbauflächen gewogenen Durchschnitt der PMP-Terme der vier bedeutendsten Ackerbauverfahren (ohne Hackfrüchte und Gemüse) berechnet.

Aufgrund der augenblicklich geringen Verbreitung liegen für KUP keine flächendeckenden, statistisch belastbaren Informationen zu möglichen Kosten und Erträgen vor. Auch kann das Verfahren nur sehr eingeschränkt an bestehende Pflanzenbauverfahren angelehnt werden,

²⁰ Grenzkosten beschreiben in diesem Fall die Kosten, die bei einer Ausdehnung des Anbaus der jeweiligen Verfahren um eine Einheit zusätzlich anfallen. In der Betriebswirtschaftslehre ist das optimale Produktionsniveau u.a. dann erreicht, sobald die Grenzkosten gleich Null sind.

wie dies bei Energiemais und Silomais möglich ist. Aus diesem Grund wurde ein dritter Ansatz gewählt, der in Kapitel 2.2 ausführlich dargelegt ist. Die Abbildung der KUP basiert auf einem Standortmodell, wobei die Parameter der Ertragsfunktion aus pflanzbaulichen Versuchen abgeleitet wurden. Für jeden RAUMIS-Kreis wurden die Acker- und Grünlandflächen getrennt entsprechend ihrer Ertragsfähigkeit in Dezentile eingeteilt, um Standortunterschiede innerhalb eines Kreises abbilden zu können (analog zu den PMP-Termen bei den anderen Verfahren). Ferner wurden die Daten für die „konventionellen“ Pflanzenbauverfahren innerhalb eines Kreises so aggregiert, dass die Verteilung der Ertragserwartung mit der Standortqualität verknüpft ist.

Die Daten sind so aufbereitet, dass unterschiedliche Ausschlussflächen definiert werden können (z.B. Grünland in Schutzgebieten).

5.2.2 Abbildung organischer Böden

In Deutschland entstehen durch die Entwässerung organischer Böden sehr hohe Treibhausgasemissionen (THG). Die Nutzung von Moorböden als Acker- und Grünland verursachte im Jahr 2010 laut Angaben aus der THG-Berichterstattung Emissionen in Höhe von 41 Mio. t CO₂-Äq, dies entspricht 4,3% der gesamten deutschen THG-Emissionen (UBA 2013b). Vom nationalen Inventarbericht (DÄMMGEN 2007) unterscheidet sich die folgende Abschätzung der THG-Emissionen aus der Nutzung organischer Böden in mehreren Punkten. Erstens, werden die Emissionskoeffizienten nach DRÖSLER et al. (2013: 8) verwendet (siehe Tab. 8). Zweitens wird die Nutzungsintensität von Grünland differenziert. Die Zuordnung der Nutzungsintensitäten im Grünland erfolgt auf Basis des mittleren Viehbesatzes an Raufutterfressern²¹ je ha Hauptfutterfläche (HFF) der Gemeinde. Die Viehbestände und der Umfang der Acker- und Grünlandflächen je Gemeinde basieren auf GOCHT UND RÖDER (2011).

Tab. 8: Treibhausgasemission je Flächeneinheit in Abhängigkeit vom Moortyp und Nutzungskategorie (in t CO₂-Äq ha⁻¹)

	Niedermoor / Anmoor	Hochmoor	RGV / ha HFF ¹⁾
Acker	33,8	33,8 ¹⁾	
Grünland intensiv / mittel	30,9	28,3	> 0,75
Grünland extensiv trocken	22,5	20,1	0,75-0,25
Grünland extensiv nass	10,3	2,2	> 0,25
Naturnah/Renaturiert	3,3	0,1	

Quelle: verändert nach DRÖSLER et al. (2013)

¹⁾ Annahme, da DRÖSLER et al. (2013) hier keine Daten liefern.

Drittens erfolgt die Abgrenzung der organischen Böden auf Basis der geologischen Übersichtskarte (GÜK 200, BGR 2003), und viertens beinhaltet die Kulisse auch Anmoore. Nach SPOHN UND GIANI (2011a, b) liegen die Treibhausgasemissionen von entwässerten Anmooren in einer ähnlichen Größenordnung wie auf entwässerten Niedermooren. Bezieht man die Anmoore mit ein, so liegen ungefähr 6,2% der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf organischen Böden. Fünftens wurde der Umfang der Flächenkulisse angepasst, da in der

²¹⁾ in raufutterverzehrende Großvieheinheiten (RGV)

landwirtschaftlichen Statistik (Agrarstrukturerhebung), auf der das verwendete Modell RAUMIS beruht, deutlich weniger Flächen ausgewiesen sind als in den topographischen Karten des Deutschen Landschaftsmodells (DLM). Dies betrifft insbesondere den Umfang der als Grünland genutzten Fläche (RÖDER UND GRÜTZMACHER 2012). Abb. 2 gibt einen Überblick über die räumliche Verteilung der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden nach der in dieser Studie verwendeten Definition. Die Schwerpunkte der Verbreitung der organischen Böden liegen entlang der Nordseeküste sowie im westlichen Brandenburg und Teilen Mecklenburg-Vorpommerns. Hier finden sich insbesondere auch Regionen, in denen organische Böden mehr als ein Viertel der landwirtschaftlichen Nutzfläche einnehmen. Ein kleinerer Schwerpunkt findet sich auch südlich der Donau. Zwischen dem Nordrand der Mittelgebirge und der Donau sind organische Böden dagegen nur punktuell zu finden.

Anteil der organischen Böden an der LF der Gemeinde

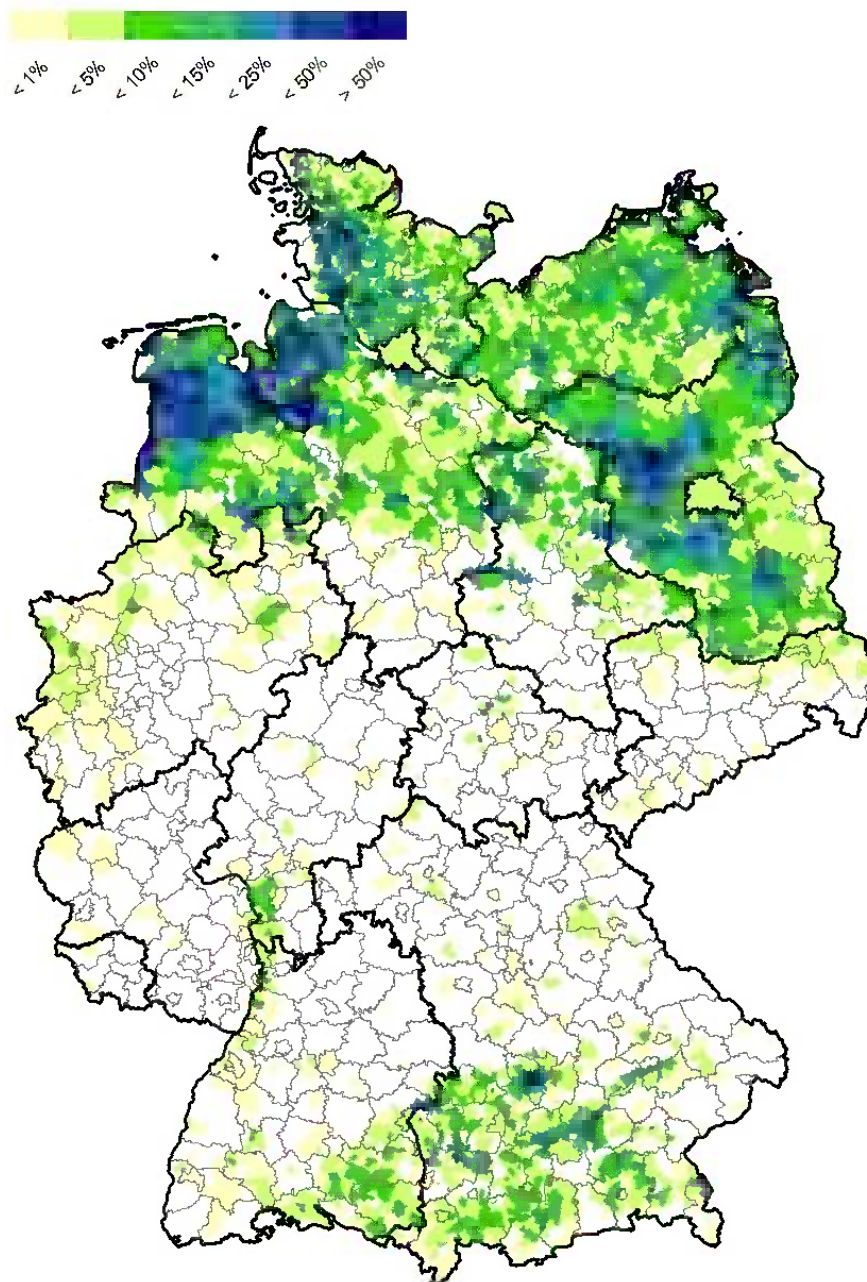


Abb. 2: Verteilung der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden in Deutschland

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf BKG (2008), BGR (2003) und GOCHT UND RÖDER (2011).

Im Rahmen dieser Arbeit wird nur die völlige Wiederherstellung eines naturnahen Wasserstandes mit vollständiger Nutzungsaufgabe berücksichtigt. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass die THG-Vermeidungskosten bei einer vollständigen Nutzungsaufgabe meist geringer ausfallen als bei einer Nutzungsextensivierung (SCHALLER et al. 2013). Die Abbildung der Treibhausgasemissionen einer geänderten Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter organischen Böden basieren auf RÖDER UND OSTERBURG (2012a, b).

5.2.3 Erweiterung des Bilanzierungsrahmens

Es erfolgen zwei Erweiterungen am Schadgasmodul von RAUMIS, um die Treibhausgasemissionen von Landnutzungsänderungen besser abzubilden. So werden den Bioenergielinien Gutschriften für die Substitution von fossilen Energieträgern angerechnet (Tab. 9). Die Höhe der Gutschriften orientiert sich an WBA (2007). Bei den Gutschriften werden die Emissionen im Pflanzenbau nicht berücksichtigt, da deren Anrechnung in RAUMIS modellintern erfolgt (HENSELER et al. 2013; HENSELER UND DECHOW 2014). Im Bereich Biogas wird kein Einsatz von Wirtschaftsdüngern abgebildet, daher erfolgen auch keine entsprechenden Gutschriften. Bei den Biogasanlagen wird von wärmegeführten Anlagen und relativ geringen anlagebedingten Verlusten ausgegangen (u.a. geringer Methanschlupf und abgedeckte Gärrestlager), so dass die Einsparungen tendenziell am oberen Ende des zu erwartenden Bereiches liegen. Die Gutschriften ergeben sich aus dem Umfang der eingesparten fossilen Energieträger abzüglich der Emissionen in den der Pflanzenproduktion vor- und nachgelagerten Bereichen.

Tab. 9: Gutschriften für die betrachteten Bioenergieträger

	MWh je t Produkt	THG-Emissionen (in kg CO ₂ Äq je kWh)		
		Bioenergie ¹⁾	fossile Referenz	Gutschrift
Weizen	2,2	0,211	0,325	0,114
Raps	4,1	0,100	0,322	0,222
KUP	3,9	0,044	0,291	0,247
Bioenergiemais	0,36	0,072	0,783 ²⁾	0,711

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis WBA (2007)

¹⁾ ohne Emissionen im Sektor Landwirtschaft inkl. Berücksichtigung der Gutschriften für Koppelprodukte

²⁾ Fossiler Strommix ohne Kernkraft (UBA 2012)

Zweitens soll entsprechend der Bewertung der Substitutionseffekte an den Energiemärkten, bei der von einer gleich bleibenden Energieversorgung ausgegangen wird, auch die verringerte Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln aus deutscher Produktion berücksichtigt werden. Dafür wird die Verringerung der in Deutschland produzierten Lebensmittelmengen mit den mittleren deutschen Emissionen je Produkteinheit belastet. Dieses Vorgehen ermöglicht es, Verlagerungseffekte aufgrund von durch Bioenergie- oder Klimaschutzpolitiken induzierten Veränderungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung und Produktion in Deutschland zu berücksichtigen. Mit Hilfe dieses Bilanzansatzes, der auf OSTERBURG et al. (2013) aufbaut, wird eine Vergleichbarkeit der verschiedenen Szenarien hergestellt. Dafür wird angenommen, dass die Versorgungsbilanzen für Lebens- und

Futtermittel in den verschiedenen Szenarien gleich bleiben und bei veränderter Produktion in Deutschland durch Importe ausgeglichen werden. Bei den verwendeten Emissionen je Produkteinheit wird unterstellt, dass die Agrarprodukte in anderen Regionen mit vergleichbaren THG-Emissionen je kg Produkteinheit produziert werden können. Ferner werden Emissionen aufgrund von indirekten Landnutzungsänderungen außerhalb Deutschlands mit Hilfe eines pauschalen Faktors je Hektar berücksichtigt.

5.2.4 Unterschiede und Übereinstimmung zum nationalen THG-Inventar

Die Angaben in dieser Studie unterscheiden sich an mehreren Stellen vom nationalen Inventar (UBA 2013a).

Für den Bereich Quellgruppe 4 (Landwirtschaft) entsprechen die Tierzahlen und der Umfang des Pflanzenbaus in etwa den hier in dieser Studie verwendeten Werten. Unterschiede beruhen darauf, dass die angegebenen Werte sich auf eine Projektion für das Jahr 2021 beziehen und nicht auf den beobachteten Status Quo.

Zur Quellgruppe 5 (Landnutzung Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) ergeben sich folgende grundlegende Unterschiede: Der Grünlandumbruch und die Kalkung werden **nicht** in dieser Berechnung berücksichtigt. Bei den organischen Böden sind **nur** die landwirtschaftlich genutzten Flächen (LF) auf Basis der GÜK200 einbezogen. Zur Berechnung der THG-Emissionen werden aktuellere Werte für THG-Emissionsfaktoren verwendet (DRÖSLER et al. 2013).

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland senkt die Emissionen, da die Reduktion aus der entsprechende Einsparung fossiler Energieträger berücksichtigt wird (Quellgruppe 1). Im Gegensatz zum nationalen Inventar werden Lastschriften für die Verlagerung der landwirtschaftlichen Produktion in Drittstaaten aufgrund von Änderungen der Landnutzung in Deutschland berücksichtigt. Diese beinhalten auch indirekte Landnutzungseffekte.

5.2.5 Bestimmung des Ertrages von Kurzumtriebsplantagen (KUP)

Kurzumtriebsplantagen sind Gehölzbestände aus schnell wachsenden Baumarten wie Pappeln und Weiden, die auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Acker- oder Grünland), angelegt werden. Rechtlich gesehen gelten KUP nicht als Wald, sondern als landwirtschaftliche Dauerkulturen (BWaldG, § 2). KUP haben in Abhängigkeit vom Ertragsniveau des Bodens Umtriebszeiten von drei oder mehr Jahren. Der Aufwuchs kann nach einer Trocknung als Festbrennstoff in Hackschnitzelform genutzt werden.

Es wurde zunächst eine Auswertung der Literatur zu KUP durchgeführt (siehe Anhang 9.2), dabei wurden u.a. die Flächenansprüche von Kurzumtriebsgehölzen (Pappeln und Weiden) hinsichtlich Klima, Boden und Topographie (Hangneigung) ermittelt. Die so bestimmten Ansprüche für KUP flossen dann in die späteren Berechnungen zur KUP-Biomasse ein. Darauf aufbauend wurde ein Ertragsmodell für KUP entwickelt bzw. aus der Literatur übernommen sowie Kostenfunktionen ermittelt.

Die Abschätzung der Erträge und Kosten sowie ihrer Verteilung basiert auf einem deutschlandweiten Datensatz, der Daten für die wichtigsten Standortfaktoren für die landwirtschaftliche Produktion mit einer Auflösung von 100 x 100 m enthält. Dazu gehören die Verteilung von Acker- und Grünland, Schutzgebiete, Hangneigung, Niederschläge und Temperaturen sowie Bodentypen und die Ackerzahl (vgl. Übersicht in Tab. 10). Die Ackerwertzahlen werden auf Basis der vorliegenden Leitbodentypen ermittelt (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STEUERN 2009, KUNTZE et al. 1995, SCHEFFER UND SCHACHTSCHABEL 1982).

Tab. 10: Übersicht über die für die Regionalisierung verwendeten Daten

Parameter	Quelle	Autor
Verteilung Acker und Grünland	CORINE land cover 2000 (Version 08/2005)	EEA 2005
Klimadaten (1980-2010)		DWD (2012)
Schutzgebiete		BfN (2004a-c, 2006a-d)
Bodentypen, Ackerwertzahl	GÜK 200, BÜK 1000	BGR (2003, 2010)
Hangneigung	Basis-DLM	BKG (2008)

Für die statistischen Analysen und ihre graphische Aufbereitung werden die Programme SAS 9.3 und ArcGIS 10.1 genutzt.

5.2.6 Berechnung des Aufwuchses

Zur Berechnung von KUP-Biomasseerträgen für Deutschland werden Formeln genutzt, die ALI (2009) für Pappeln im Kurzumtrieb entwickelte. Im ersten Schritt wird dabei die sogenannte „Oberhöhe“ eines Bestandes ermittelt. Die Oberhöhe entspricht der durchschnittlichen Bestandshöhe. ALI (2009) beschreibt für Pappel-Klone folgende allgemeine Formel für die Oberhöhe:

$$h_{\text{dom}} = a1 \cdot \text{Age} + a2 \cdot P5-6 \cdot \text{SQI} + a3 \cdot T4-7 / nFK$$

mit

$$a1 = 1,569, a2 = 0,0004, a3 = -23,198$$

für die Pappel-Klone der Max-Gruppe.

also

$$h_{\text{dom}} = 1,569 \cdot \text{Age} + 0,0004 \cdot P5-6 \cdot \text{SQI} + (-23,198) \cdot T4-7 / nFK$$

mit:

h_{dom} = Oberhöhe des Bestandes (m)

Age = Alter

P5-6 = mittlere Niederschlagssumme Mai Juni (mm)

SQI = Ackerwertzahl

T4-7 = mittlere Temperatur April bis Juli (°C)

nFK = Verfügbare Wasserspeicherkapazität (mm).

Im zweiten Schritt wird die Biomasse im Bestand nach folgender Formel ermittelt:

$$\text{Stand BM} = 2.27 \cdot a4 \cdot h_{\text{dom}}^{a5}$$

Für die Max-Klone (Pappeln) wäre dabei:

$$a4 = -0,00000000113 \cdot (N \text{ ha}^{-1})^2 + 0,0000254 \cdot (N \text{ ha}^{-1}) + 0.028$$

$$a5 = 0,00000000341 \cdot (N \text{ ha}^{-1})^2 - 0,0000501 \cdot (N \text{ ha}^{-1}) + 2,614$$

mit:

BM = Biomasse (t ha^{-1})

$N \text{ ha}^{-1}$ = Anzahl Stämme ha^{-1}

Da die Auswertungen von ALI (2009) sich nur auf den 1. Umtrieb beziehen, wird in Anlehnung an den KUP-Rechner (vgl. dazu DLG-MERKBLATT 372 (2012)) ein Aufschlag von 227% vorgenommen, um die höheren Erträge in den späteren Perioden zu berücksichtigen. Der maximale Biomasseertrag wird auf $20 \text{ t(atro) ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ begrenzt, da kaum Versuchsergebnisse vorliegen, die höhere Erträge bestätigen würden.

Für Standorte mit einer geringen nutzbaren Feldkapazität ($< 150 \text{ mm}$), meist Sandböden, wird stattdessen eine Biomasseertragsfunktion auf Basis von Robinien genutzt, da Pappeln auf diesen Standorten Ertragsdepressionen aufweisen (FEGGER et al. 2009). Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wurde diese Ertragsfunktion aus Literaturdaten bestimmt (nähere Angaben dazu siehe Anhang 9.3).

$$\text{BM} = (948,56 (\text{nFK}/\text{Pj})^2 - 151,47 (\text{nFK}/\text{Pj}) + 16,25) / \text{Umrz.}$$

mit:

nFK = nutzbare Feldkapazität

Pj = Jahresniederschlag

Umrz. = Umtriebszeit

Für Feuchtstandorte, wie Niedermoore und Anmoore, wird angenommen, dass hier Erlen statt Pappeln angebaut werden. Erlen sind für den Anbau auf diesen Standorten gut geeignet, sie sind hier anderen Baumarten wachstumsphysiologisch überlegen (FEGGER et al. 2009). Da in der Literatur nur wenige Daten zu Erlen-KUP vorliegen, wird keine eigene Erlen-Biomassefunktion ermittelt, sondern diesen Feuchtstandorten pauschal ein Ertrag von $4 \text{ t(atro) ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ entsprechend der Literaturdaten zugewiesen (siehe dazu SCHLUTOW et al. 2010, LOCKOW 1994 und FEGGER et al. 2009). Die überwiegende Mehrzahl der Studien gibt an, dass Kurzumtriebsgehölze Böden mit schwach saurem bis neutralem Milieu benötigen (UNSELD et al. 2010, ROTTMANN-MEYER 2010, MELF MECKLENBURG-VORPOMMERN 2006, SCHOLZ et al. 2006 sowie PETZOLD et al. 2010). Hochmoorböden sind allerdings stark sauer. Ferner ist auf stark zersetzten Torfen die Wasserspeicherkapazität und Wasserleitfähigkeit sehr reduziert, so dass selbst in kürzeren Trockenphasen im Sommer Probleme mit der Wasserversorgung für die Pflanzen bestehen (vgl. KUNTZE et al. 1995: 335). Somit müssten diese Böden erst aufwändig melioriert und aufgekalkt werden, bevor eine Anlage von KUP wirtschaftlich sinnvoll ist. Deshalb wird hier ein Biomasseertrag von $0 \text{ t(atro) ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ für die Berechnung der KUP-Erträge angenommen, was einem Ausschluss dieser Flächen für den Anbau gleichkommt.

Tab. 11: Tabellarische Übersicht über die verwendeten Ertragsfunktionen in Abhängigkeit von Bodentyp und nutzbarer Feldkapazität

Bedingung	Ertrag(sfunktion)
Hochmoor nach GUEK 200	$0 \text{ t(atro) ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
Nieder- oder Anmoor nach GUEK 200	$4 \text{ t(atro) ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
nFK < 150 (abgeleitet auf Basis des Bodentyps der BUEK 1000)	$(948,56 (\text{nFK}/\text{Pj})^2 - 151,47 (\text{nFK}/\text{Pj}) + 16,25) / \text{Umrz.}$
alle anderen Böden	nach ALI (2009)

Tab. 11 gibt einen Überblick über die verwendeten Biomasseertragsfunktionen und deren Einsatzbereich in Abhängigkeit von Bodentyp und nutzbarer Feldkapazität.

5.2.7 Ermittlung der Kosten und Erlöse

Zur Bestimmung von Kosten und Erlösen für KUP wurden Daten aus der Literatur genutzt: BOELKE (2006), BRODBECK UND NAHM (2011), BURGER et al. (2005), BURGER UND SOMMER (2003), BURGER (2004), Fischer (2011), Nahm (2011), Reeg et al. (2009), Röhricht und Ruscher (2009), SCHWEIER (2012), SCHWEIER UND BECKER (2012), UNSELD et al. (2010), WAUER UND HAMBER (2010). Für KUP kommen verschiedene Erntetechniken zum Einsatz. Sie reichen von vollmechanisierten Verfahren wie Gehölmähhäcksler über Mähsmäher bis zur motormanuellen Ernte. Mähhäcksler sind das günstigste und die motormanuelle Ernte das teuerste Verfahren. Allerdings können Mähhäcksler nur bis zu einer maximalen Hangneigung von 10% eingesetzt werden. Der Einsatz von Mähsmäher und forstlicher Erntetechnik ist bis ca. 25% Hangneigung möglich. Im steileren Gelände verbleibt nur die motormanuelle Ernte. Aus dem Einsatz dieser Erntetechnik bei unterschiedlichen Hangneigungen wurde eine Kostenfunktion ermittelt. Je höher die Hangneigung, ist desto größer werden die Erntekosten.

Folgende Funktionen wurden für den Zusammenhang von Hangneigung und KUP-Erntekosten ermittelt:

Für die Durchschnittskosten gilt:

$$y = 1 / (1 / \sqrt{(1+x)} * 0,127/6,65 + 0,0093)$$

für das Kostenminimum gilt:

$$y = 1 / (1 / \sqrt{(1+x)} * 0,261/8,54 + 0,0134)$$

und für das Kostenmaximum gilt:

$$y = 1 / (1 / \sqrt{(1+x)} * 0,192/10,98 + 0,005)$$

wobei x = Hangneigung in % entspricht.

Für Kalkulationen von Erntekosten wird der KUP-Kalkulator 2.0 des Thünen-Instituts für Forstökonomie nach Anpassungen verwendet (SCHWEINLE 2012). Dabei wird die Berechnung der Ernte- und Transportkosten jeweils auf die Rotationslänge und den jährlichen Biomassezuwachs bezogen (näheres siehe Anhang 9.5). Für die KUP-Hackschnitzel werden die Erlöse gemäß C.A.R.M.E.N. (2013) mit 150 € pro t (atro) angesetzt.

Die vorliegenden Daten der Gemeinden u.a. zu Klima und Böden wurden mit Hilfe des Programmes SAS aufbereitet und ausgewertet und die Ergebnisse der so berechneten KUP-Erträge und Erlöse mit Hilfe von ArcGIS graphisch dargestellt.

5.3 Szenarien

Die in dieser Untersuchung verwendeten Szenarien basieren grundsätzlich auf der aktuellen **Thünen-Baseline** (OFFERMANN et al. 2012). Diese ist ein in sich abgestimmtes System von Projektionen hinsichtlich Preisen und technologischer Entwicklungen für den Zeitraum 2011 bis 2021. Bei der Abbildung von Alternativen im Handlungsfeld Landnutzungspolitik bestehen zwei Herausforderungen. Erstens führt die zusätzliche Nachfrage für Bioenergieträger zu steigenden Preisen für Agrarprodukte. Zweitens ergeben sich aufgrund der geänderten Preisrelationen Änderungen in der regionalen und globalen räumlichen Verteilung des Anbauumfanges für die einzelnen landwirtschaftlichen Kulturen (Verdrängungs- und Verlagerungseffekte). Um diese Effekte in einem reinen Angebotsmodell

wie RAUMIS ansatzweise abzubilden, wurde folgendermaßen vorgegangen. Da keine empirischen Informationen über die Höhe der Preise und die Intensität der landwirtschaftlichen Flächennutzung vorliegen, wird in einem ersten Schritt ein Referenzszenario als „counterfactual“ konstruiert. BLANCO-FONSECA et al. (2010) beschrieben in ihrer Auswertung zu „biofuel“ eine ähnliches Vorgehen. Sie nutzten für ihre Studie ein vergleichbares „counterfactual“ Szenario ohne Bioenergieförderung. Für das Referenzszenario wird angenommen, dass in der EU keine Politiken zur Förderung der Verwendung von Bioenergieträgern implementiert sind (**oBEP**). Als zweiter Referenzpunkt wird ein Preisvektor unterstellt, der von einer vollständigen Umsetzung der nationalen Aktionspläne für Erneuerbare Energien (**NREAP**) in der EU-27 ausgeht. Die Preiswirkungen der Bioenergiepolitiken (ohne: **oBEP**; vollständige Umsetzung: **NREAP**) im Vergleich zur **Thünen-Baseline** sind auf Basis der Angaben von KRETSCHMER et al. (2012) und OECD (2008) abgeleitet (vgl. Tab. 12). Bei den Szenarien **Thünen-BL** und **NREAP** wird davon ausgegangen, dass die bis 2011 beobachtete regionale Investitionsdynamik weitere zwei Jahre fortgeschrieben wird, um die derzeit in Bau bzw. Planung befindlichen Biogasanlagen und deren Biomassebedarf zu berücksichtigen. Der dann erreichte Umfang wird beibehalten und hieraus die benötigte Anbaufläche für Biomasse abgeleitet (OFFERMANN et al. 2012). Die **Thünen-BL** berücksichtigt im Gegensatz zu **NREAP** nur die Einhaltung der gegenwärtigen Beimischungsverpflichtungen in der EU und deren Umsetzung in Deutschland, aber nicht die in den NREAP-Strategien der einzelnen EU-Mitgliedsstaaten vorgesehenen höheren Beimischungsziele.

Tab. 12: Prozentuale Preisänderung im Vergleich zur Thünen-Baseline

Szenario	Weizen	Futtergetreide	Raps
oBEP	-8	-13	-7
NREAP	1,5	3	14

Das Szenario **oBEP** dient als Referenz, um den Umfang der Nahrungs- und Futtermittel zu bestimmen, der durch den Anbau von Bioenergieträger aus Deutschland verdrängt wird (Leakage-Effekt). Dieses Vorgehen basiert auf der vereinfachenden Annahme, dass die durch den Bioenergieanbau induzierten steigenden Preise nicht zu einem globalen Nachfragerückgang führen. Für die Treibhausgasbilanzierung wird diese Minderproduktion mit den durchschnittlichen kumulierten THG-Emissionen je Produkteinheit in Deutschland bewertet (vgl. OSTERBURG et al. 2013). Die Emissionen der durch die Produktionsverlagerung induzierten indirekten Landnutzungseffekte (iLUC) wird mit Hilfe des iLUC-Faktors von FRITSCHKE et al. (2010) abgeschätzt. Die Emissionen für jeden verdrängten Hektar werden mit 3,5 t CO_{2Äq} eher konservativ angesetzt (vgl. FLESSA et al. 2012, S. 259).

Um die Effekte der landwirtschaftlichen Landnutzungsoptionen zum Klimaschutz abzuschätzen, wurden vier Alternativszenarien berechnet. Diese Szenarien haben drei Gemeinsamkeiten:

1. Sie basieren alle auf der Preisprojektion des Szenarios oBEP.
2. Es soll jeweils eine Einsparung an THG erreicht werden, die der Minderung im Szenario NREAP entspricht.
3. die Förderung der Landnutzungsinstrumente erfolgt auf Basis einer Entlohnung je eingesparter Tonne CO_{2Äq}. Die Förderung wird iterativ soweit angehoben, bis eine Minderung erreicht wird, die dem in NREAP ermittelten Umfang entspricht.

In den ersten drei Szenarien wird nur jeweils eine Landnutzungsoption gefördert. Die ausgewählten Optionen sind die Förderung des Energiemaisanbaus zur Produktion von Biogas (**Emais**), die Förderung des Anbaus von Kurzumtriebsplantagen (**KUP**) und die Förderung der Renaturierung von landwirtschaftlich genutzten kohlenstoffreichen Böden (**Moor**). Für die beiden Bioenergieoptionen (**Emais** und **KUP**) werden neben Gutschriften für die eingesparten Treibhausgase der energetische Wert der Rohstoffe angesetzt, dieser basiert auf einem Strompreis²² von 4,75 ct / kWh (Energiemais) bzw. den aktuellen Marktpreisen für Hackschnitzel (KUP). Im Szenario **KUP** ist auf mineralischen Böden der Anbau von KUP auf zwei Flächentypen möglich. Beim ersten handelt es sich um mittlere bis marginale Ackerflächen. KUP konkurrieren hier mit ertragsschwächeren Marktfrüchten (Sommerungen, Roggen, Gerste, Triticale und Körnerleguminosen). Beim zweiten handelt es sich um Grünland, das außerhalb der NATURA 2000 Kulisse liegt. Die im Szenario **Moor** angesetzte Treibhausgasminderung je ha basieren auf den Werten in Tab. 8. Als Flächenkulisse werden nur die nach Agrarstatistik landwirtschaftlich genutzten kohlenstoffreichen Böden angesetzt (vgl. 5.2.2). Im abschließenden Szenario werden alle drei Landnutzungsoptionen entsprechend ihrer Treibhausgaseinsparung gefördert und stehen somit in unmittelbarer Konkurrenz zu einander (**Alle**). Auf eine Darstellung von Linien zur Produktion flüssiger Bioenergieträger (Biodiesel, Bioethanol) wurde verzichtet, da Vorabschätzungen ergaben, dass erstens mit einer Produktion innerhalb Deutschlands kein nennenswerter Beitrag zum Klimaschutz erbracht werden kann und zweitens die Treibhausgasvermeidungskosten mit mehreren 100 € je t CO_{2Äq} unverhältnismäßig hoch sind.

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Potential von Kurzumtriebsplantagen (KUP)

In einem ersten Schritt wird das für den Anbau von KUP nutzbare technische Potential bestimmt. Würde die gesamte deutsche landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) für den Anbau von KUP genutzt, könnten 141*10⁶ t(atro) Hackschnitzel pro Jahr erzeugt werden, dies entspricht ungefähr 19% des deutschen Primärenergieverbrauchs von 13.521 PJ (AgEB 2012). Für 7% dieses technischen Potentials übersteigen die Gewinnungskosten allerdings die Markterlöse (Überschuss kleiner 0 € t(atro)⁻¹) (Abb. 3). Schließt man den Anbau von KUP auf allen Grünlandflächen aus, die innerhalb von Schutzgebieten des Natura 2000 Netzwerkes oder Naturschutzgebieten und Nationalparks liegen, so verringert sich das Potential nur um weitere 4%-Punkte. Eine Ursache für diesen geringen Effekt ist, dass in diesen Gebieten die realisierbaren Biomasseerträge aufgrund von ungünstigen Standortbedingungen meist vergleichsweise gering sind. Ist hingegen der Anbau von KUP auf Grünland prinzipiell untersagt, so reduziert sich das maximal ökonomisch erschließbare Potential auf 75% des technischen.

²² in Anlehnung an die Erzeugerpreise an der Strombörse im Zeitraum 2012/13

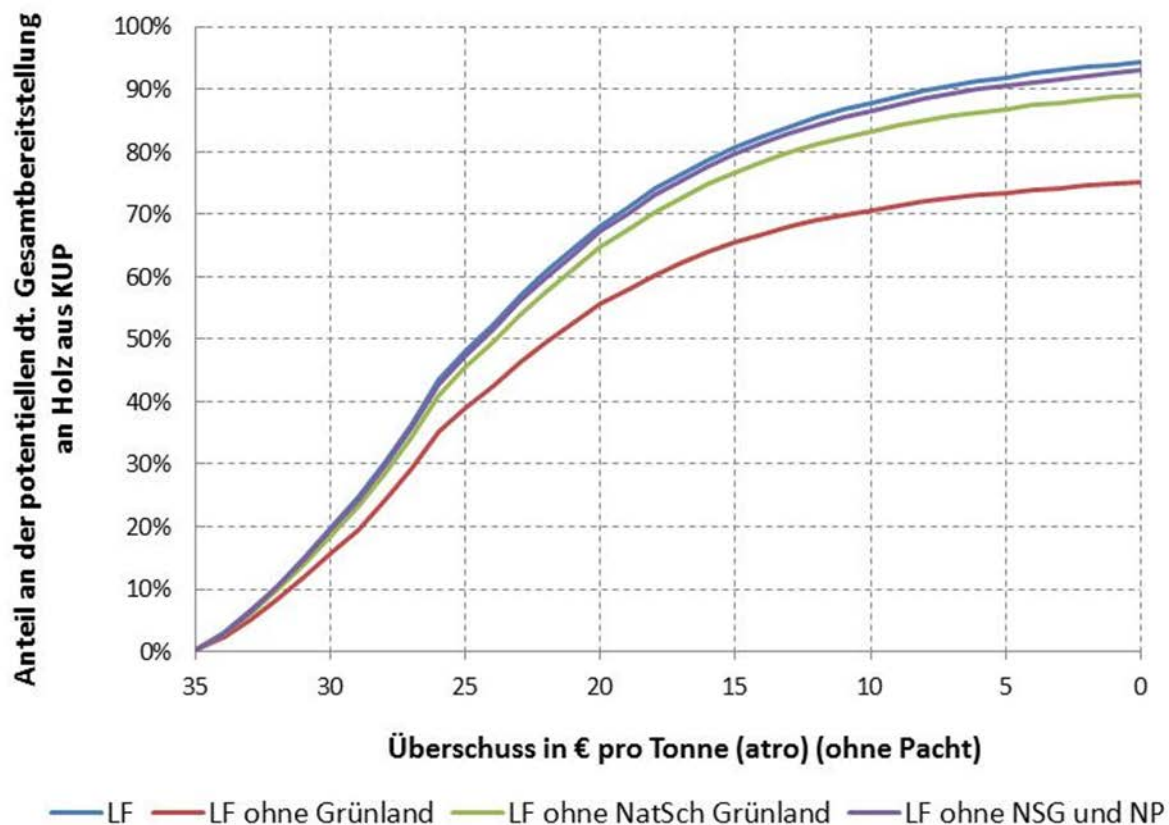


Abb. 3: Verteilung der Erlöse aus KUP in Abhängigkeit von der gewählten Flächenkulisse (LF: KUP auf gesamter LF möglich; LF ohne Grünland: KUP nur auf Acker- und Dauerkulturflächen möglich; LF ohne NatSch Grünland: KUP nicht auf Grünland in Natura 2000 Gebieten und Naturschutzgebieten möglich; LF ohne NSG und NP: KUP nur innerhalb von Naturschutzgebieten und Nationalparks a priori ausgeschlossen)

Quelle: Eigene Berechnung

Die folgende Abb. 4 zeigt den Anteil der LF, der für die Anlage von KUP in Deutschland geeignet ist. Flächen werden dann als geeignet eingestuft, wenn mit dem Anbau von KUP ein Gewinn erzielt werden kann (ohne Berücksichtigung der Flächenkosten) und rechtliche Restriktionen den Anbau von KUP nicht verhindern. So ist annahmebedingt kein Anbau von KUP auf Grünland innerhalb von Natura 2000 Gebieten und Naturschutzgebieten möglich. Mit Ausnahme der Mittelgebirge sind in allen Teilen Deutschlands mehr als 90% der LF für den Anbau von KUP geeignet.

Anteil LF mit KUP Eignung (in %)

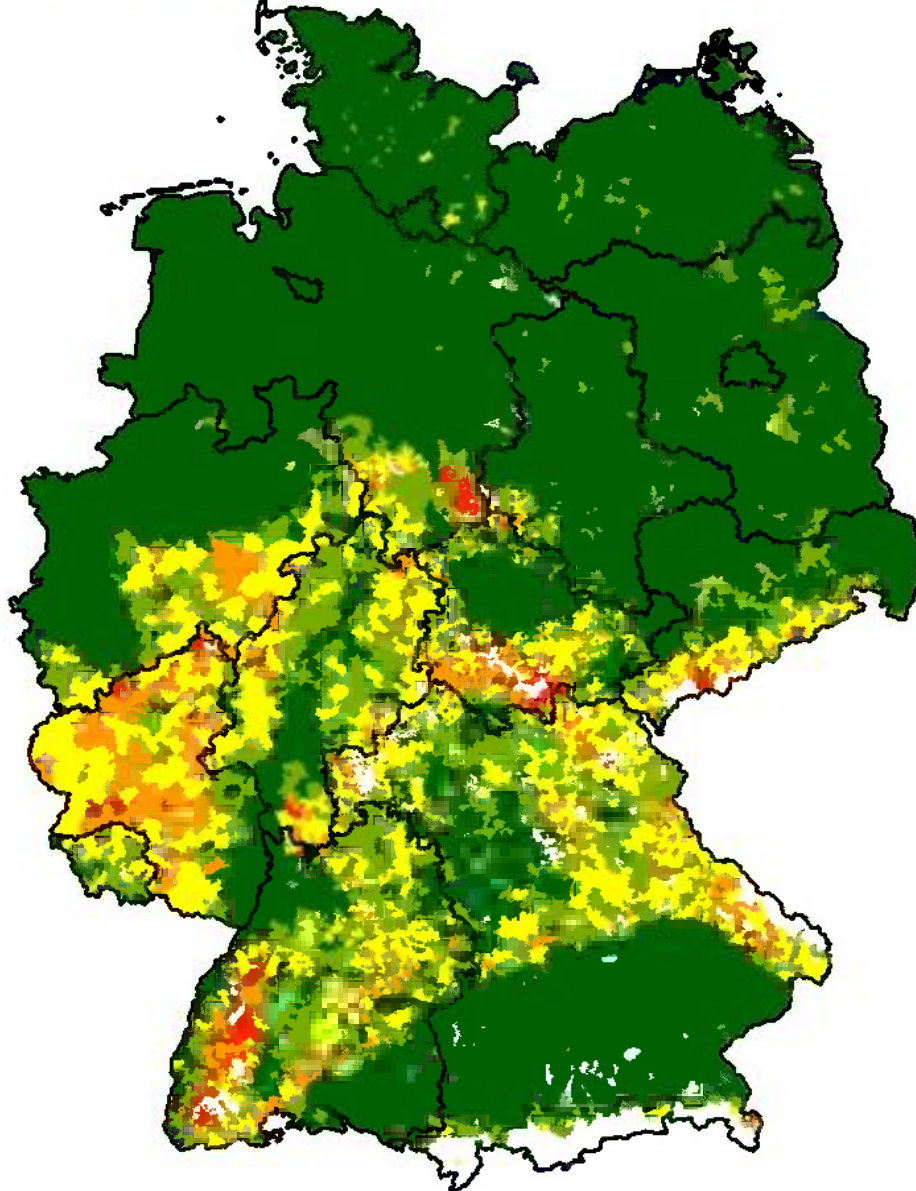


Abb. 4: Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) mit Eignung für KUP (in %)

Quelle: Eigene Berechnungen

Abb. 5 stellt die regionale Verteilung der mittleren Biomasseerträge je Gemeinde für KUP dar, bezogen auf die geeigneten Flächen. Die höchsten Erträge (ab $15 \text{ t(atro) ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) sind im südlichen Bayern und Baden-Württemberg zu finden. Die Erträge sind primär eine Folge der hohen Niederschläge und Temperaturen während der Vegetationsperiode in diesen Regionen. Des Weiteren weisen die Lössgebiete vom westlichen Nordrhein-Westfalen bis zur Magdeburger Börde und dem Kraichgau aufgrund der hohen Bodengüte hohe potentielle Erträge aus. Für die meisten potentiellen KUP-Flächen in Deutschland liegen die Erträge dagegen bei unter $10 \text{ t(atro) ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Zuwachs (in Tonne (atro) je ha und Jahr)

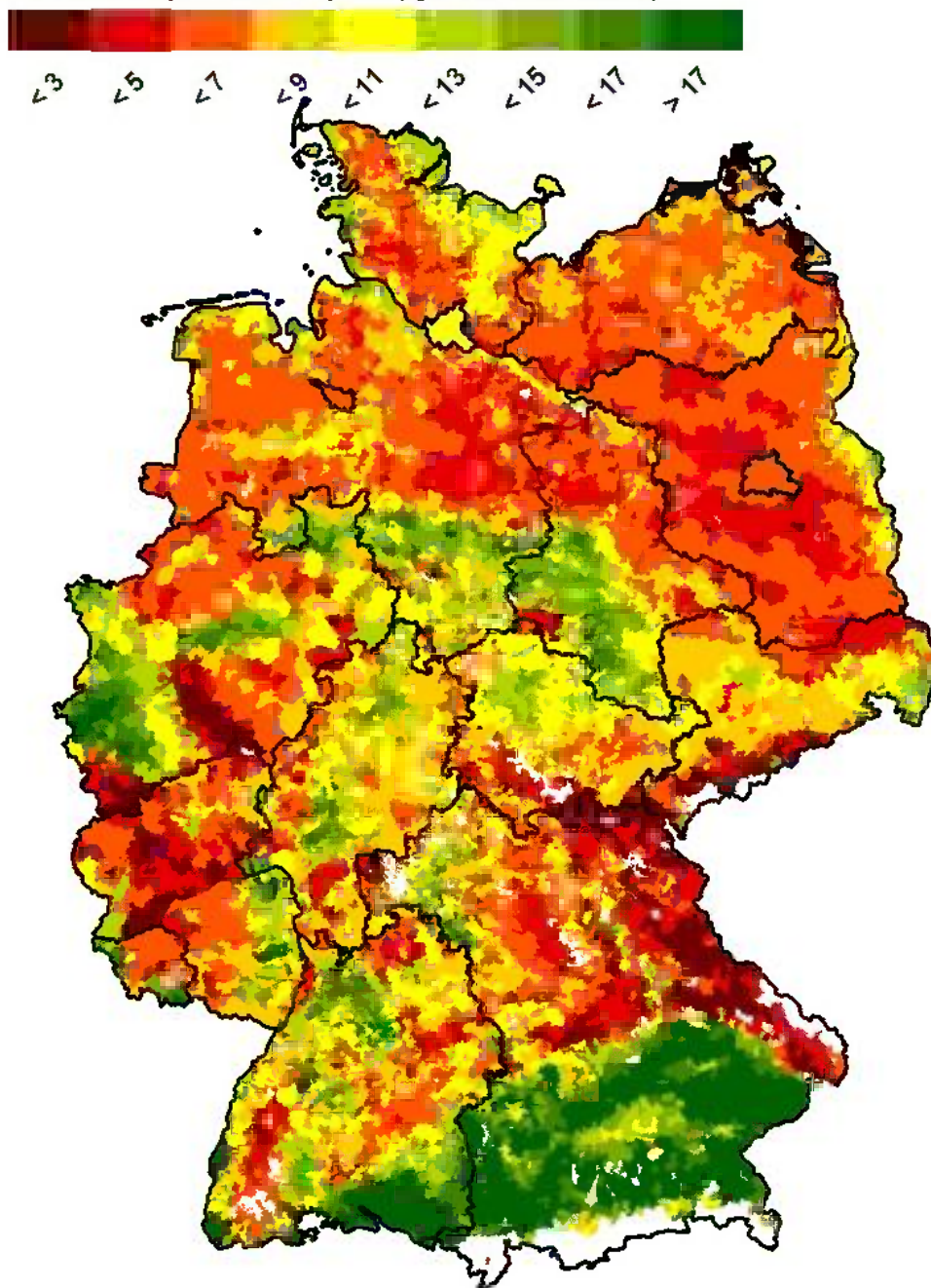


Abb. 5: Zuwachs von KUP (in t(atro) ha⁻¹ a⁻¹)

Quelle: Eigene Berechnungen

Die regionale Verteilung der mit KUP erzielbaren Überschüsse je ha (Abb. 6) spiegelt weitestgehend diejenige der jährlichen Zuwächse wieder (Abb. 5). Erlöse von über 400 € ha⁻¹ werden, analog den Biomasseerträgen, für das südliche Bayern und Baden-Württemberg sowie die Lössgebiete ausgewiesen. Daneben weist ein schmaler Streifen entlang der Nordsee vergleichsweise hohe Überschüsse je ha aus. In Nord- und Nordostdeutschland werden dagegen zumeist nur Erlöse von 150 bis 200 € ha⁻¹ erzielt. In den Mittelgebirgsregionen liegen die Erlöse der KUP meist unter 100 € ha⁻¹, obwohl hier meist nur auf ca. 50% der LF überhaupt Überschüsse erzielt werden können (Abb. 4). Die Ursachen für diese ungünstige wirtschaftliche Situation sind die niedrigen Temperaturen während der Vegetationsperiode und die im Vergleich zu Süddeutschland geringeren

Sommerniederschläge, die beide das Pflanzenwachstum begrenzen, sowie die vergleichsweise hohen Erntekosten aufgrund des Geländereiefs. Abgesehen vom Bereich südlich der Donau werden hohe Erlöse v.a. auf Lössböden, z.B. in der Magdeburger und Hildesheimer Börde oder der Köln-Aachener Bucht, erzielt. Allerdings sind KUP auf diesen Standorten beim angenommenen Preisniveau für Hackschnitzel im Vergleich zu Winterweizen und Zuckerrübe kaum konkurrenzfähig.

Überschuss (in € je ha (nur produktive LF))

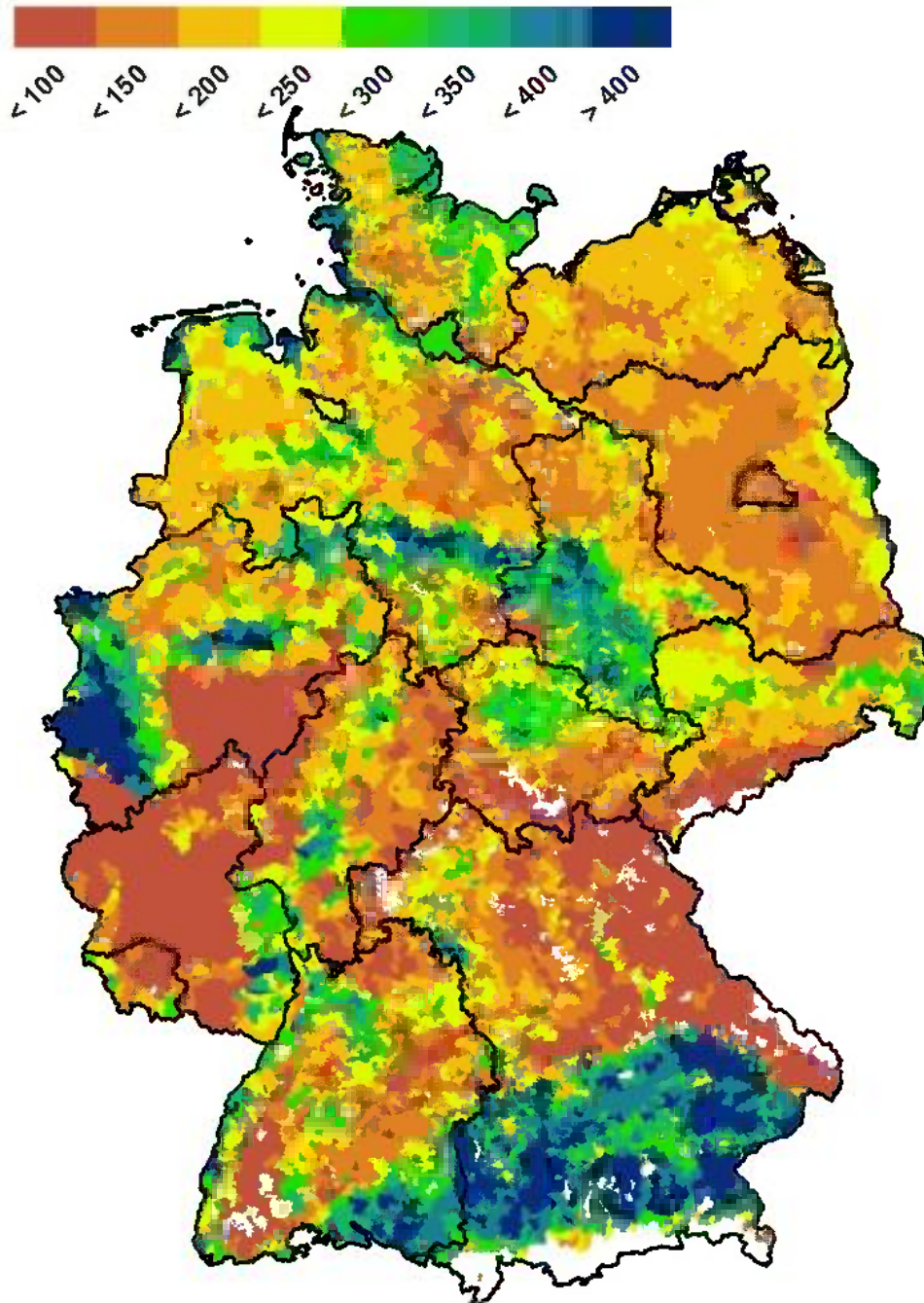


Abb. 6: Regionale Verteilung der Überschüsse von Kurzumtriebsplantagen (in € ha⁻¹ a⁻¹) (ohne Flächenkosten)

Quelle: Eigene Berechnungen

5.4.2 Effiziente Minderung von THG im deutschen Agrarsektor- Sektorale Auswirkungen

Bei den Ergebnissen der RAUMIS Modellierung werden zuerst die sektoralen Ergebnisse dargestellt, bevor im nächsten Unterkapitel (Kap. 5.4.3) auf die regionalen Auswirkungen der Szenarien eingegangen wird.

Für das Jahr 2021 ergeben sich unter der Annahme, dass keine Bioenergiepolitiken implementiert wären (**oBEP**), Treibhausgasemissionen in Höhe von 80 Mio. t CO₂Äq. Dies ist deutlich weniger als im jetzigen Inventar (UBA 2013) ausgewiesen. Dies hat mehrere Gründe. Erstens sind die geänderte Abgrenzung kohlenstoffreicher Böden und die veränderten Emissionsfaktoren für diese Flächen zu nennen, und zweitens die in RAUMIS fehlende Berücksichtigung von Emissionen aus Grünlandumbruch und Kalkung. Drittens führen die im Vergleich zum Status Quo geringeren Rinderbestände aufgrund eines fortschreitenden Strukturwandels insbesondere in der Milchviehhaltung zu verringerten THG-Emissionen. Die Ergebnisse zeigen, dass mit den geplanten Maßnahmen im Rahmen von **NREAP** die Treibhausgasemissionen im deutschen Agrarsektor um etwa 25% im Vergleich zur Referenz (**oBEP**) gesenkt werden können, wenn indirekte Landnutzungseffekte nicht berücksichtigt werden (Tab. 13). Dieser Wert wird auch weitgehend von der Trend-Projektion erreicht (**Thünen-BL**). Werden indirekte Landnutzungseffekte berücksichtigt, verringert sich die Einsparung auf 81% im Vergleich zu **oBEP**. Die Einsparungen resultieren insbesondere aus der Produktion von Energiemaïs für die Biogaserzeugung (88-96% des Nettoeffekts des Energiepflanzenanbaus). Die Produktion von Agrartreibstoffen ist nur von nachrangiger Bedeutung.

Mit Ausnahme des Szenario **KUP** lässt sich in allen Fällen die angestrebte Reduktion an THG-Emissionen erreichen. Selbst bei einem Preis von 500 € je t CO₂Äq im Szenario **KUP** kann das Minderungsziel nicht erreicht werden. Aufgrund des PMP-Ansatzes führt die projizierte zusätzliche Flächennachfrage für KUP in einer Größenordnung von 2,4 Mio. ha zu einer starken Erhöhung der relativen Wettbewerbskraft bei den konventionellen Landnutzungsoptionen. Da der Anbau von KUP weitestgehend auf marginale Ackerstandorte und Grünland beschränkt ist, bleibt die Biomasseerzeugung zur Substitution fossiler Energieträger gering. In diesem Extremszenario sind ungefähr zweidrittel der Minderung durch den Anbau von KUP durch den Anbau von KUP auf Grünland zurückzuführen.

Insbesondere in den Szenarien, in denen eine Renaturierung kohlenstoffreicher Böden möglich ist (**Moor, Alle**), können die NREAP-Ziele zu Grenzkosten von um die 20 € je t CO₂Äq realisiert werden. Dies liegt deutlich unter den Kosten der bioenergiebasierten Optionen (**NREAP, Thünen-BL, Emals, KUP**). Hier liegen die Grenzvermeidungskosten bei mindestens 100 € je t CO₂Äq. Zu berücksichtigen ist, dass die für Renaturierung ausgewiesenen Kosten nur die Nutzungsaufgabe betreffen. Kosten für Planung und Umsetzung wasserbaulicher Maßnahmen, Kosten, die auf nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen entstehen (Wald, Siedlung und Infrastruktur) und Kosten aufgrund der Langfristigkeit bzw. zeitlichen Verzögerungen der Projektumsetzung sind hierbei nicht enthalten.²³

Betrachtet man die Treibhausgasemissionen, die außerhalb der nationalen Bilanz entstehen, so zeigt sich, dass die Emissionen aus den indirekten Landnutzungsänderungen meist deutlich größer sind als die aus der Produktionsverlagerung.

²³ Eine kurze Abschätzung der Planungs- und Baukosten erfolgt in Kapitel 5.5.

Tab. 13: Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft in Mio. t CO₂Äq (in Abhängigkeit vom gewählten Szenario)

	oBEP	NREAP	Thünen-BL	EMais	KUP	Moor	Alle
Kosten (€ je t CO₂Äq) (indirekte Effekte nicht berücksichtigt)	n.a.	260	165	115	500	20	18
Pflanzenbau							
Marktfruchtbau inkl. Energiepflanzen	11,5	12,5	12,0	11,5	10,6	11,5	11,7
Futterbau	5,9	5,7	5,8	5,9	5,2	6,0	5,8
Indirekte N ₂ O-Emissionen	12,5	13,9	13,6	13,2	11,6	12,1	12,4
Tierhaltung							
Verdauung und Wirtschaftsdüngermanagement	25,6	24,5	25,0	25,6	24,4	25,3	24,8
Nutzung organischer Böden	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	5,7	9,6
Gutschriften aus Energiepflanzenanbau	-0,9	-22,7	-20,3	-20,5	-15,7	-0,8	-5,4
<i>davon Energiemais</i>	0,0	-19,5	-19,5	-19,7	0,0	0,0	0,0
<i>davon KUP</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	-14,8	0,0	-4,6
<i>davon sonstige Energiepflanzen</i>	-0,9	-3,2	-0,8	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8
Lastschriften für verlagerte Emissionen in Pflanzenbau und Tierhaltung (ohne iLUC)	0,6	2,8	2,2	1,3	2,9	1,1	2,0
Summe ohne iLUC	80,3	61,7	63,2	62,0	64,0	60,8	60,9
In % von oBEP	100%	77%	79%	77%	80%	76%	76%
iLUC	1,3	5,7	4,4	3,5	6,1	2,2	4,0
Summe inkl. iLUC	81,5	67,5	67,6	65,5	70,2	63,0	64,9
In % von oBEP	100%	83%	83%	80%	86%	77%	80%

Quelle: Eigene Berechnungen

Der Getreideanbau variiert zwischen 6,5 Mio. ha (**oBEP**) und 5,1 Mio. ha (**Emais**) (Tab. 15). Im Vergleich zur **Thünen-BL** (5,4 Mio. ha) ist der Getreideanbau in **oBEP** ca. 20% höher und in **Emais** 5% niedriger. Alle THG-Minderungsoptionen führen zu einem Rückgang des Getreideanbaus in Deutschland. Dieser ist mit 1,1-1,4 Mio. ha am stärksten bei Varianten, die Biogas fördern und am schwächsten beim Moorschutz - 0,3 Mio. ha. In **Emais** wird erwartungsgemäß mit 1,41 Mio. ha der meiste Energiemais und zugleich mit 2,34 Mio. ha der meiste Silomais angebaut. Die Werte der **Thünen-BL** liegen für Silomais und Energiemais in einer vergleichbaren Größenordnung. In den anderen Szenarien liegt der Umfang des Silomaisanbaus (als Futter) bei ungefähr 0,9 Mio. ha. Dieser Umfang des Silomaisanbaus ist durch den jeweiligen Bestand an Milchkühen und Mastrindern im Szenario bedingt.

Tab. 14: Landwirtschaftliche Landnutzung (in Abhängigkeit vom gewählten Szenario)

	oBEP	NREAP	Thünen-BL	Emais	KUP	MOOR	Alle
Pflanzenbau (in Mio. ha)							
Getreide ¹⁾	6,50	5,43	5,39	5,14	5,76	6,27	6,14
Raps	1,25	1,42	1,25	1,22	1,25	1,20	1,17
Silomais	0,93	2,25	2,28	2,34	0,92	0,92	0,88
davon Energiemais	0,00	1,40	1,39	1,41	0,00	0,00	0,00
KUP auf Acker	0,00	0,00	0,00	0,00	1,17	0,00	0,34
Ackerland (ohne Brache)	11,18	11,23	11,22	11,10	11,05	11,52	11,33
KUP auf Grünland	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,19
Grünland (ohne Brache)	5,08	5,08	5,07	5,07	3,91	4,76	4,70
Brache (inkl. aufgelassener kohlenstoffreicher Böden)	0,36	0,20	0,28	0,36	0,01	1,02	0,74
Energiepflanzen insgesamt	0,24	1,64	1,61	1,64	2,66	0,22	0,73
Hauptfutterfläche	6,72	6,51	6,62	6,72	5,58	6,38	6,26
virtueller Landhandel	0,36	1,63	1,26	1,00	1,74	0,62	1,14
Tierhaltung (in Mio. GV)							
Milchkühe	3,86	3,76	3,80	3,86	3,63	3,83	3,75
Sonstige Rinder	4,34	4,14	4,24	4,35	4,15	4,28	4,21
Sonstige Raufutterfresser	0,72	0,71	0,71	0,72	0,69	0,71	0,71
Sonstige Tiere	3,77	3,40	3,55	3,77	3,77	3,77	3,60
Summe (Tierhaltung)	12,70	12,00	12,31	12,71	12,25	12,59	12,27

Quelle: Eigene Berechnungen

¹⁾ Weizen, Gerste, Hafer, Roggen und sonstiges Getreide (ohne Körnermais)

Der KUP-Anbau führt zu einem deutlichen Rückgang der Grünlandflächen. So sind Grünland, Brachflächen und Futterbau im Szenario **KUP** jeweils auf ihrem Minimum (3,9 Mio. ha Grünland bzw. 0,01 Mio. ha Brache und 5,58 Mio. ha Futterbau). Grünland hat seine

größte Ausdehnung mit 5,1 Mio. ha in den Szenarien **oBEP**, **Thünen-BL** und **NREAP**. Somit könnte der KUP-Anbau zu einem Verlust von 12% des Grünlandes führen. Die Veränderung der Brachflächen hängt stark von den Annahmen für die Moorrenaturierung ab. Der Anstieg der Brachflächen im Szenario **Moor** ist durch die Bedingungen vorgegeben, dass in Folge der Erhöhung des Wasserstandes bei der Renaturierung die Flächen aus der Nutzung genommen werden. Der Rückgang der Brachflächen in **KUP** folgt aus der Einführung einer Bewirtschaftungsalternative für die sonst wirtschaftlich unattraktiven, brachgefallenen Grenzertragsstandorte.

Die meiste Fläche beansprucht der Energiepflanzenanbau im Szenario **KUP** (2,7 Mio. ha) während im **Moor**-Szenario mit 0,22 Mio. ha der Energiepflanzenanbau den geringsten Flächenumfang aufweist. Dies erklärt sich dadurch, dass durch Moorschutz sehr effektiv CO₂-Emissionen aus organischen Böden vermieden werden und deshalb weniger Energiepflanzenanbau zu einer vergleichbaren Reduktion der CO₂-Belastung nötig ist.

Die Tierhaltung erreicht ihren größten Umfang in **Emais** und **oBEP** (12,7 Mio. GV). Im Fall von **Emais** ist dies auf den vergleichsweise geringen Flächenanspruch dieses Minderungsverfahrens in den jetzigen Zentren der Rinderhaltung (v.a. Milchviehhaltung) zurückzuführen, bzw. im Fall von **oBEP** auf die fehlenden Nutzungsalternativen. **NREAP** verzeichnet den niedrigsten Viehbestand. Dieser liegt 5% unter dem maximalen Umfang.

5.4.3 Effiziente Minderung von THG im deutschen Agrarsektor - Regionale Auswirkungen

Bei der Analyse der regionalen Auswirkungen liegt der Fokus der Betrachtung auf der räumlichen Verteilung der Vermeidungsoptionen. Die Verteilung und der Umfang des Energiemaisanbaus im Szenario **Emais** entsprechen weitestgehend dem Status Quo. Aus diesem Grunde wird auf eine getrennte Darstellung der Ergebnisse verzichtet.

5.4.3.1 Szenario oBEP

Die niedrigeren Produktpreise im Szenario **oBEP** führen dazu, dass im Vergleich zur **Thünen-BL** der Anteil an brachgefallenen Acker- und Grünlandflächen um 160.000 zunimmt (Tab. 14). Diese Brachflächen konzentrieren sich insbesondere in den Lagen mit verbreitet ertragsschwachen Böden (z.B. Brandenburg), hier werden maximale Anteile von 12% erreicht. In viehstarken Regionen (wie z.B. dem Münsterland oder im Allgäu) mit hohem Flächenbedarf dagegen finden sich nur wenige Brachen (Abb. 7).

Anteil Brachflächen an LF

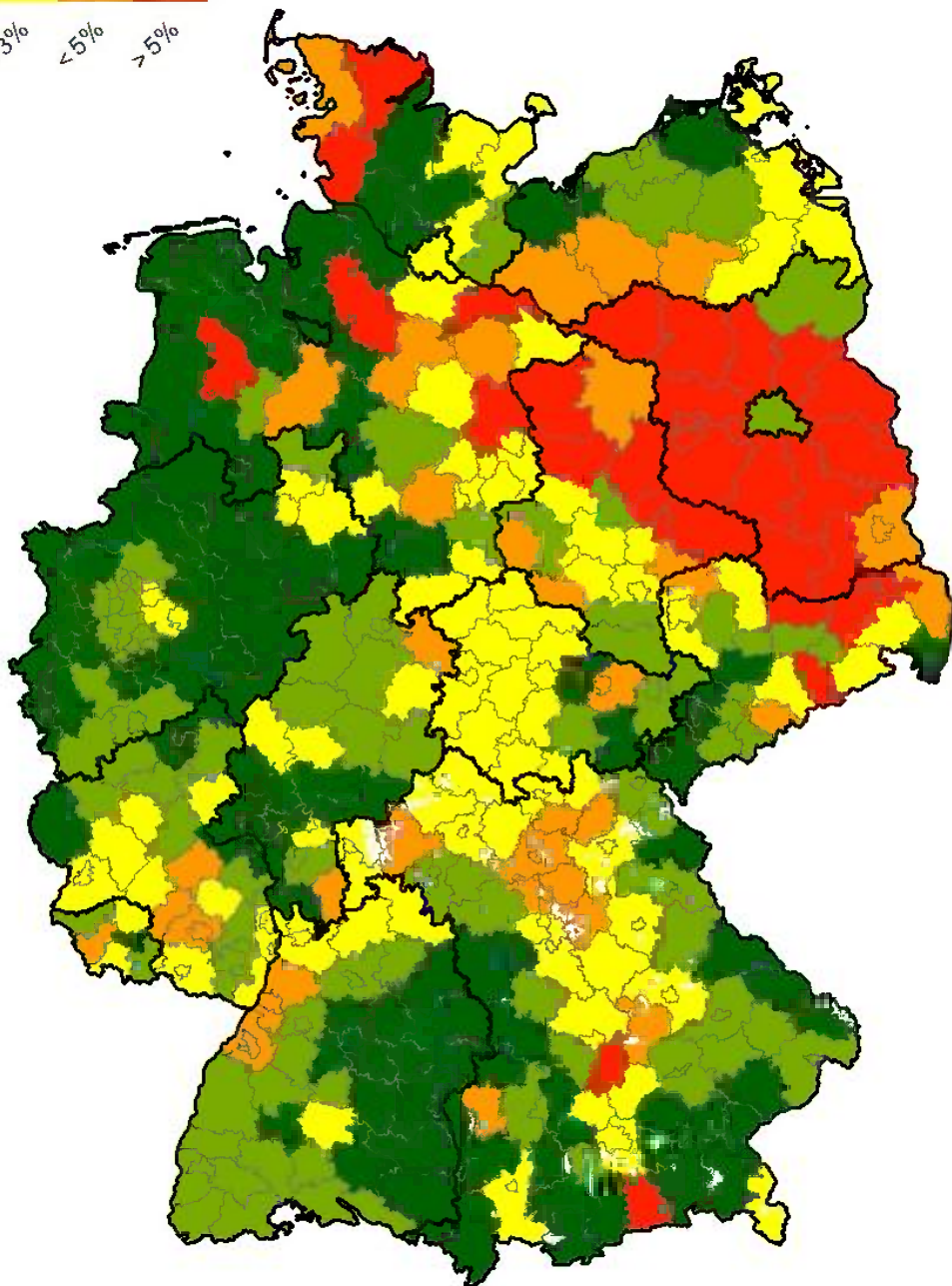
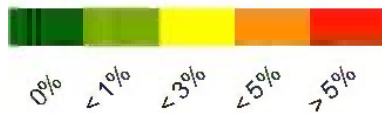


Abb. 7: Verteilung der Brachflächen im Szenario **oBEP** (%LF)

Quelle: Eigene Berechnungen

5.4.3.2 Szenario KUP

Abb. 8 zeigt die Verteilung des Anteils der KUP an der LF für das Szenario **KUP**. Hohe Anteile für KUP finden sich vor allem in Ostdeutschland (Brandenburg und nördliches Sachsen-Anhalt) sowie im südlichen Bayern und Baden-Württemberg und im Saarland. In einigen Kreisen erstrecken sich die KUP über bis zu 63% der LF. Die hohen KUP-Anteile in Ostdeutschland erklären sich durch die dortigen ärmeren Sandböden, auf denen KUP im Vergleich zu Ackerkulturen noch relativ gute Erträge liefern können. In Süddeutschland sind die hohen Erträge (vgl. Abb. 5) verantwortlich für die hohe Konkurrenzkraft der KUP insbesondere im Vergleich zu Grünland. In Nordwestdeutschland ist der Anteil der KUP an der LF meist gering. Ursache ist, dass außerhalb der Börden KUP aufgrund der geringen

Erträge nicht mit der intensiven Tierhaltung konkurrieren können und sie zweitens von den Bördestandorten annahmebedingt ausgeschlossen sind. Dieser Ausschluss wurde vorgenommen, da sich beim Vergleich der modellierten und beobachteten Verteilung des Energiemaisanbaus zeigte, dass hier die Landwirte wohl nur in geringem Ausmaß bereit sind, langfristig ihre Produktion festzulegen. Diese Festlegung ist beim Anbau von KUP noch deutlich stärker als beim Anbau von Energiemais, da die Anlage von KUP eine anderweitige Nutzung der Flächen für ein bis zwei Jahrzehnte ausschließt und KUP, als Dauerkultur, im Gegensatz zu nicht in eine Fruchtfolge integriert werden können.

Anteil KUP an LF

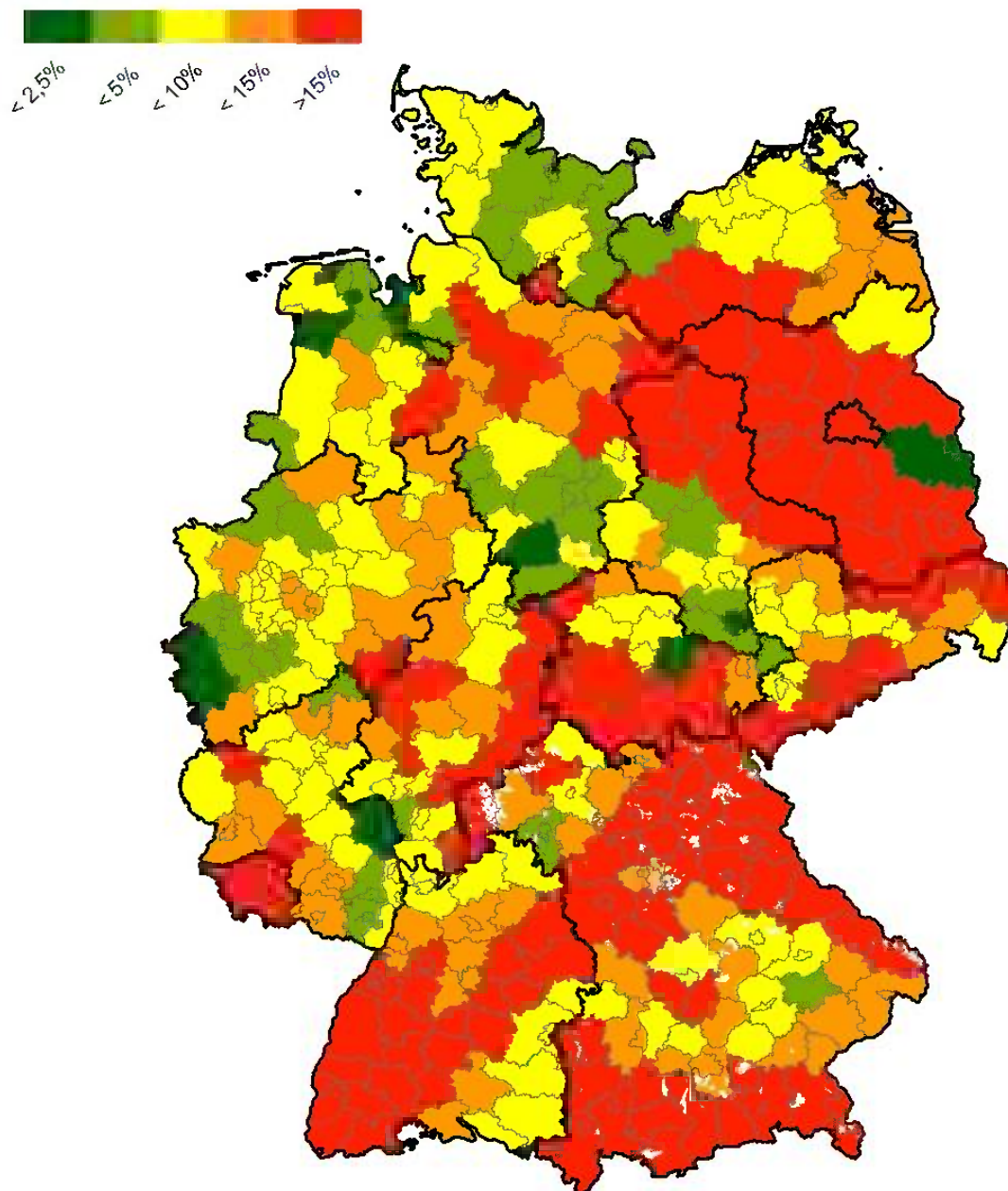


Abb. 8: Anteile der KUP an den landwirtschaftlich genutzten Flächen (LF) im Szenario **KUP**

Quelle: Eigene Berechnungen

Im Zusammenhang mit dem Anbau von KUP ist auf die vergleichsweise geringe Preissensitivität des Anbauumfanges hinzuweisen. So führt eine Anhebung der Gutschrift von 100 auf 500 € je t CO_{2Äq} nur zu einer Steigerung der THG-Einsparung um 2,8 Mio.

t CO_{2Äq} bei einer Ausdehnung des Anbauumfanges um fast 0,7 Mio. ha. Bei sehr hohen Gutschriften wird insbesondere Grünland in KUP umgewandelt und Flächen mit einer geringen Produktivität.

Tab. 15: Treibhausgasminderung durch KUP und der resultierende Flächenanspruch in Abhängigkeit von der Höhe der Gutschrift je t CO_{2Äq}

€ je t CO _{2Äq}	THG-Minderung (in Mio. t CO _{2Äq})	Fläche (in Mio. ha)	davon Grünland (in %)	mittlere THG- Minderung (in t CO _{2Äq} ha ⁻¹)	marginale THG- Minderung (in t CO _{2Äq} ha ⁻¹)
0	2,3	0,28	26	8,0	8,0
18*	4,6	0,52	36	8,8	9,7)
50	8,8	1,12	39	7,8	7,0
100	12,0	1,69	43	7,1	5,7
500	14,8	2,42	52	6,1	3,8

* = Szenario **Alle**

Quelle: Eigene Berechnungen

5.4.3.3 Szenario Moor

Im Szenario **Moor** werden große Teile der kohlenstoffreichen Böden aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen (Abb. 9). Vor allem in Ostdeutschland (hier vor allem in Brandenburg und in Mecklenburg-Vorpommern) sowie in Teilen des nördlichen Niedersachsens werden diese Flächen renaturiert. Dabei wird der Wasserstand angehoben und die Fläche damit vollständig aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen. Kohlenstoffreiche Böden in Bayern sowie im nördlichen Niedersachsen weisen allerdings weiterhin hohe Anteile genutzter Flächen auf. Dies sind milchviehstarke Regionen in denen „alternative Nutzungen“ wenig rentabel wären.

Anteil der landwirtschaftliche genutzten Moorfläche in Nutzung

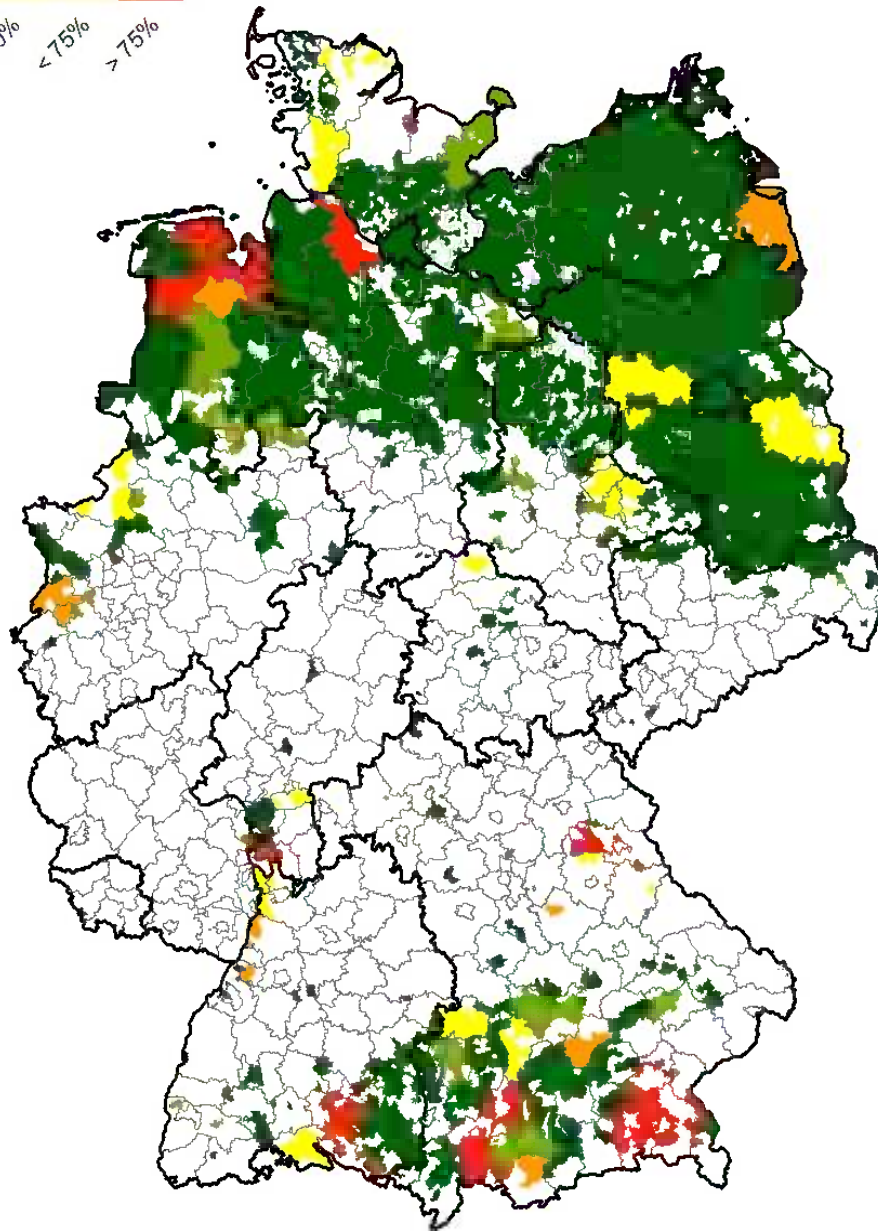
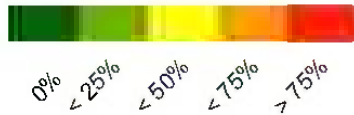


Abb. 9: Verteilung des Anteils der LF auf kohlenstoffreichen Böden, der im Szenario **Moor** in der landwirtschaftlichen Nutzung verbleibt

Quelle: Eigene Berechnungen

5.4.3.4 Szenario Alle

Im Gegensatz zu den anderen Minderungsszenarien (**Emais**, **KUP** und **Moor**) werden im Szenario **Alle** zwei Landnutzungen zur Einsparung von THG realisiert (KUP und Moorrenaturierung). Energiemais wird aufgrund der im Vergleich höheren Vermeidungskosten nicht mehr angebaut. Deren räumliche Verteilung wird im Folgenden dargestellt.

Im Szenario **Alle** verbleiben im Vergleich zum Szenario **Moor** fast 0,3 Mio. ha kohlenstoffreicher Böden mehr in der landwirtschaftlichen Nutzung (Tab. 14). Eine stärkere Nutzung kohlenstoffreicher Böden erfolgt insbesondere in den Regionen mit höheren Milchviehbeständen.

Anteil der landwirtschaftliche genutzten Moorfläche in Nutzung



0% < 25% < 50% < 75% > 75%

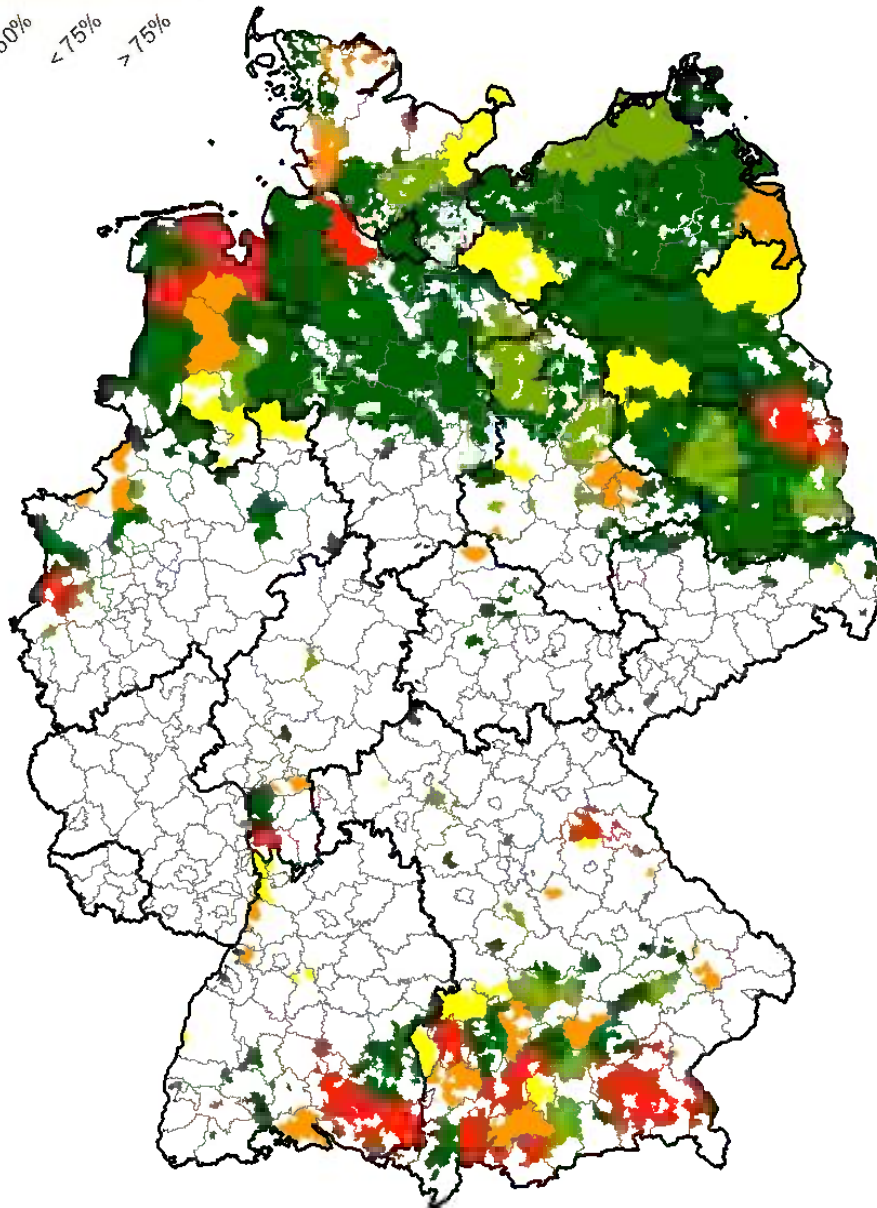


Abb. 10: Verteilung des Anteils der LF auf kohlenstoffreichen Böden, der im Szenario **Alle** in der landwirtschaftlichen Nutzung verbleibt

Quelle: Eigene Berechnungen

Abb. 11 stellt die Verteilung des Anbaus von KUP im Szenario **Alle** dar. Im Vergleich zum Szenario **KUP** fällt auf, dass wesentlich weniger Flächen mit KUP bestockt sind (-1,1 Mio. ha, vgl. Tab. 14). Die Schwerpunkte des KUP-Anbaus in Brandenburg und im südlichen Bayern bleiben erhalten, allerdings ist die räumliche Konzentration des Anbaus deutlich stärker als im Szenario KUP.

Anteil KUP an LF

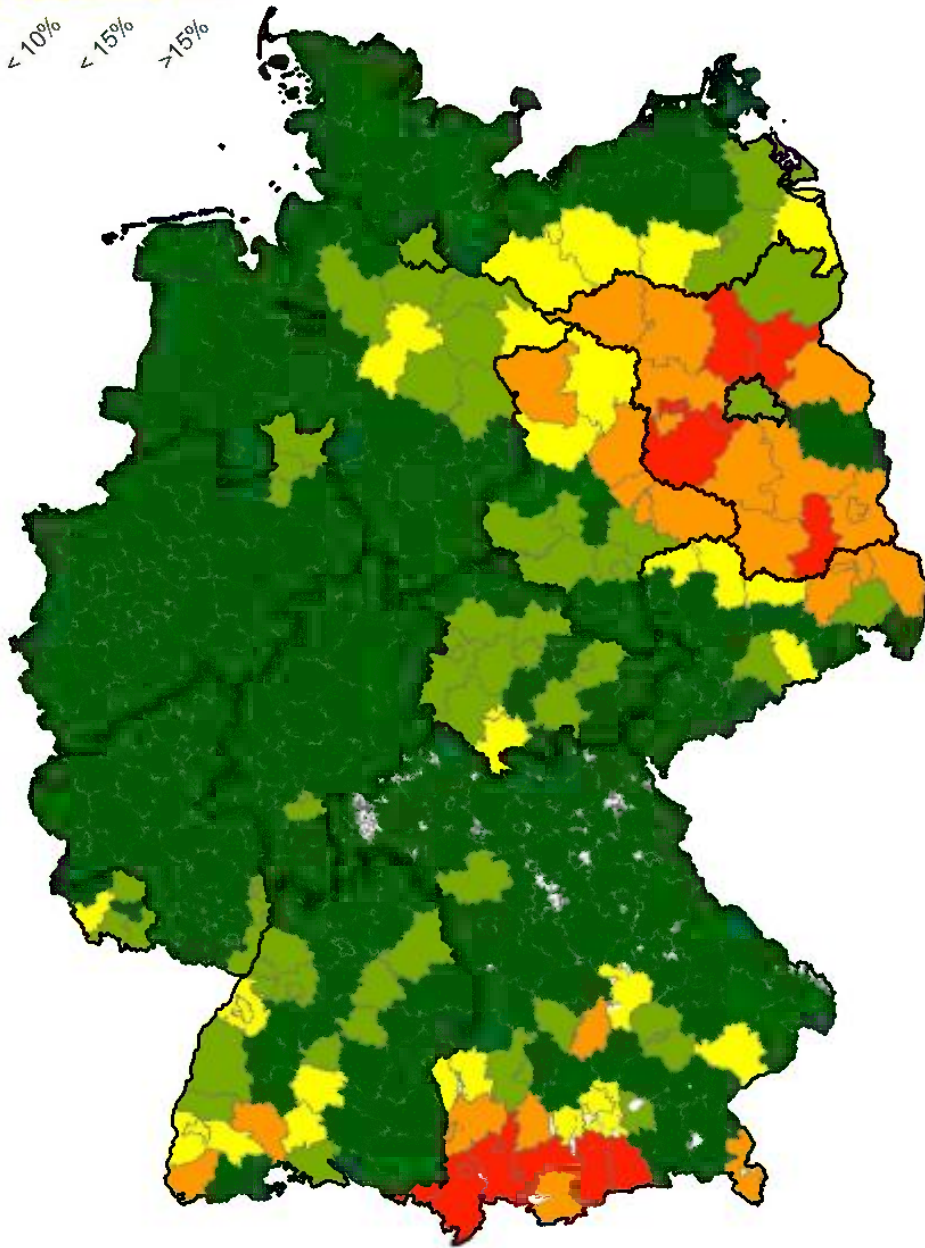


Abb. 11: Anteile der KUP an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) im Szenario **Alle**

Quelle: Eigene Berechnungen

5.5 Diskussion

Der Anbau von KUP hat ein relativ hohes Potential für die Energiebereitstellung bzw. CO₂-Vermeidung Deutschlands. Auf mehr als 90% der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) ließe sich ein KUP-Anbau betreiben. Theoretisch könnten KUPs damit fast 20% des deutschen Primärenergieverbrauches decken (siehe Kap. 4.1). Allerdings verringert sich dieses Potential recht stark um ein 1/4, wenn schutzwürdige Flächen und Grünland vom KUP-Anbau ausgeschlossen werden. Höhere Erträge ($> 15 \text{ t(atro) ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) und Erlöse ($> 400 \text{ € ha}^{-1}$) stellen sich allerdings zumeist nur regional auf besseren Böden, in den Lößgebieten bzw. in klimatisch begünstigten Lagen im südlichen Bayern ein. In diesen Regionen ist diese Kultur allerdings im Vergleich zur Produktion von Milch, Weizen oder Zuckerrüben oft nicht konkurrenzfähig. Für viele Flächen in Deutschland lassen sich nur Erträge unter $10 \text{ t(atro) ha}^{-1}$

¹ a⁻¹ erzielen, entsprechend werden Erlöse von 150 bis 200 € ha⁻¹ erreicht. Damit ist der KUP-Anbau gegenwärtig nur regional bei allgemein geringeren Erträgen pro LF wie z.B. in Teilen von Ostdeutschland eine wirtschaftliche Alternative für die Landwirtschaft. Mit KUP lassen sich z.T. vergleichbare oder höhere Wertschöpfungen als im Ackerbau erzielen. Der beobachtete Anbauumfang (Stand 2011) (~4.000 ha) ist allerdings deutlich geringer als der in der **Thünen-BL** projizierte (~200.000 ha). Strohm et al. (2012, S. 36 ff.) nennen verschiedene Gründe für die verhaltene Etablierung. Dazu gehören u.a. die mangelnde flächige Verbreitung spezialisierter Verwertungsketten, geeigneten Pflanzgutes und geeigneter Erntetechnik und die langfristige Bindung.

Die RAUMIS Modellierung zeigt, dass mit der vollständigen Umsetzung der nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energien (hier Szenario **NREAP**) die Emissionen um ca. 25% (Referenz ohne Bioenergieförderung Szenario **oBEP**) verringert werden können. Dabei werden Treibhausgasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft, aus der landwirtschaftlichen Moornutzung und aus der Bioenergienutzung von in Deutschland erzeugten, nachwachsenden Rohstoffen betrachtet. Allerdings impliziert **NREAP** relativ hohe Vermeidungskosten von 260 € je t CO_{2Äq}. Vergleichbar hohe Zahlen sind vom Wissenschaftlichen Beirat veröffentlicht worden. Er kommt für einige Produkt- und Verwertungslinien zu Vermeidungskosten von 150 – 300 € je t CO_{2Äq} (WBA 2007, WBA 2011). Die Szenarien **Moor** und **Alle**, die den Schutz von kohlenstoffreichen Böden (Mooren) beinhalten, weisen dagegen mit 20 bzw. 18 € je t CO_{2Äq} wesentlich niedrigere Kosten auf. Diese Kosten der Moorrenaturierung beinhalten aber nur die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung ohne weitere Kosten durch Wasserbau oder andere betroffenen Flächennutzungen. Basierend auf den Ergebnissen von GROSSMANN UND DIETRICH (2012) und DRÖSLER et al. (2012) dürften die wirtschaftlichen Opportunitätskosten zwischen 40% und 80% der gesamten Umsetzungskosten betragen, wenn Flächen für die Moorrenaturierung erworben werden müssen. Für fünf ausgewählte Naturschutzprojekte lagen die sonstigen Kosten (Planung, Management, Bauausführung, ...) zwischen 800 und 5.500 € je ha (DRÖSLER et al. 2012). Bei der Interpretation der Umsetzungskosten ist zu berücksichtigen, dass das primäre Ziel der analysierten Moorschutzprojekte der Erhalt der Biodiversität ist. In welchem Umfang die Kosten für Biotopeinrichtung und –lenkung nötig sind, um die Ziele des Klimaschutzes zu erreichen, ist offen. Die Szenarien **Thünen-BL**, **EMais** und **KUP** liegen mit Kosten von 100 bis 165 € je t CO_{2Äq} dazwischen. Sie sind damit zwar deutlich günstiger als **NREAP**, allerdings deutlich teurer als der Schutz organischer Böden. Der Anbau von Energiepflanzen und die Renaturierung organischer Böden haben zur Folge, dass landwirtschaftliche Fläche nicht mehr für die Produktion von Nahrungsmitteln genutzt werden kann. Eine Steigerung der Preise ist eine Auswirkung dieser Flächenkonkurrenz (OECD UND FAO 2007; FAO 2012 u.a.). Insbesondere die Produktion von Agrartreibstoffen führt zu einem hohen virtuellen Flächenimport (virtueller Landhandel). Die Ursache hierfür ist, dass bei Agrartreibstoffen nur sehr wenig THG pro ha eingespart werden und Deutschland im internationalen Vergleich sehr günstige Bedingungen für die Produktion von Getreide hat. Die für Biotreibstoffe eingesetzte, deutsche Anbaufläche wird bei der Abschätzung des virtuellen Landhandels mit einem ungünstigen Umrechnungsfaktor gewichtet. Im Gegensatz dazu wird im Zuge der Renaturierung von kohlenstoffreichen Böden insbesondere die Nutzung von ertragsschwachen Standorten in Ostdeutschland aufgegeben.

Die regionalen Auswirkungen der Szenarien spiegeln recht deutlich die unterschiedlichen Ertragspotentiale der deutschen Landwirtschaft wieder. So zeigt sich im Szenario **KUP** ein Schwerpunkt des KUP-Anbaus in den östlichen Bundesländern in Regionen mit armen Sandböden. Hier können KUP mit ertragsschwachen Marktfrüchten wie Roggen konkurrieren. So lag z.B. in Brandenburg der Ertrag für Roggen und Wintermenggetreide im

Durchschnitt der Jahre 2006-2011 bei 39 dt ha⁻¹ (AMT FÜR STATISTIK BERLIN BRANDENBURG 2012). Im Szenario **Emais** ist, bedingt vor allem durch die Modellspezifizierung, ein Schwerpunkt für den Energiemaisanbau in den Bördelandschaften zu erkennen. Hier liegen ertragreiche Böden vor, die bislang vor allem im Marktfruchtanbau (Weizen und Zuckerrüben) genutzt werden. Eine solche Konzentration des Energiemaisanbaus in Börderegionen lässt sich anhand aktueller Daten allerdings nicht beobachten. Die ökonomische Bedeutung des Milchviehs spiegelt sich im Szenario **Moor** wieder. Hier werden viele Moorflächen aus der Nutzung genommen, vor allem in Nordostdeutschland, allerdings nicht in den milchviehstarken Regionen im nördlichen Niedersachsen, in Schleswig-Holstein und in Bayern.

6 Experteneinschätzung zur zukünftigen Entwicklung der Flächennutzung und der damit verbundenen Natur- und Klimaschutzleistungen – Ergebnisse einer Delphibefragung

Die bisher dargestellten Ergebnisse (Kapitel 4 und 5) zeigen, dass die Umsetzung von Maßnahmen des Klimaschutzes mit negativen Wechselwirkungen auf den Naturschutz verbunden sein kann. So trägt beispielsweise der zunehmende Anbau von Biogassubstrat zum Verlust naturschutzrelevanter Flächen (z.B. Grünland, Brache) und einer generellen Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion bei. Die Simulationsberechnungen (siehe Kapitel 4) zeigen in Bezug auf die Produktion von Biogassubstrat, dass damit wesentliche Auswirkungen auf den Naturschutz verbunden sind, während Klimaschutzziele mit der Umsetzung anderer Maßnahmen effizienter und effektiver realisiert werden können (z.B. Maßnahmen des Moorschutzes).

Aus diesen Ergebnissen abgeleitet, stellt sich nun die Frage, welche Maßnahmen zum Klimaschutz auf landwirtschaftlicher Ebene zukünftig vorrangig verfolgt werden sollen. Hierbei sind sowohl die gesellschaftlichen Kosten der Maßnahmenumsetzung als auch die Trade Offs in Bezug auf die Beeinflussung der Schutzgüter zu berücksichtigen. Hinsichtlich der politischen Einflussnahme ist zu klären, in welchem Bereich Handlungsbedarf besteht, um negative Effekte auf Natur- und Klimaschutz zu vermeiden bzw. zu mindern. Zusammengefasst lässt sich folgende Fragestellung formulieren: Welche Flächennutzungen mit welchen Wirkungen auf Natur- und Klimaschutz werden zukünftig erwartet und welcher Handlungsbedarf lässt sich daraus ableiten?

Um die Ergebnisse des Simulationsmodells zu ergänzen und darüber hinaus ein Stimmungsbild von Experten einzuholen, wurde im Rahmen des Projektes eine Delphi-Befragung durchgeführt. Zielsetzung der Delphi-Befragung war es die zukünftigen Entwicklungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung im Hinblick auf die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen abzuschätzen sowie die mit diesen Entwicklungen verbundenen Wirkungen auf Klima- und Naturschutz zu bewerten. Die Ergebnisse dienen dazu Handlungsempfehlungen abzuleiten hinsichtlich der Förderung bzw. Eindämmung erwarteter Flächennutzungsentwicklungen mit Wirkungen auf Klima- und/oder Naturschutz.

Im Folgenden wird die Methode der Delphi-Befragung kurz allgemein erläutert bevor anschließend das Befragungsdesign der im Rahmen des Projekts durchgeführten Delphi-Befragung sowie die Stichprobe der Befragung dargestellt wird. Im Weiteren erfolgt die Vorstellung der Befragungsergebnisse im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der landwirtschaftlichen Flächennutzung sowie die Beschreibung von im Rahmen der Delphi-Befragung genannten Maßnahmen, die geeignet erscheinen Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz zu stärken. Abschließend werden auf Basis der Befragungsergebnisse Schlussfolgerungen bzgl. des zukünftigen Handlungsbedarfs gezogen.

6.1 Material und Methoden

6.1.1 Allgemeine Beschreibung der Delphi-Befragung

Das Instrument der Delphi-Befragung hat seinen Ursprung in den 1950-er Jahren als Vorhersageinstrument (WOUDENBERG 1991; SEEGER 1979). Bis heute haben Delphi-Befragungen als Methode der empirischen Sozialforschung ein breites Einsatzspektrum erfahren. HÄDER UND HÄDER (2000) führen das gewachsene Interesse an der Methodik der Delphi-Befragung darauf zurück, dass

- „weitreichende Entscheidungen in Wirtschaft und Wissenschaft (...) von immer mehr Experten vorbereitet und getragen werden (müssen)“

- „Experten mit Universalwissen und Universalverantwortungsbereitschaft (...) seltener (werden). An deren Stelle tritt eine Anzahl hoch spezialisierte Fachleute für einzelne Gebiete (...)“
- „Entscheidungen (...) werden immer komplizierter und komplexer, ihr Zeithorizont wesentlich weiter. (...)“ „weitreichende Entscheidungen sind (...) häufig mit hohen Kosten verbunden“

Delphi-Umfragen stellen allgemein ein Instrument einer stark strukturierten Gruppenkommunikation dar. Sie sind gekennzeichnet durch (HÄDER UND HÄDER 2000: 15):

- Verwendung eines formalisierten Fragebogens
- Befragung von Experten
- Anonymität der Einzelantworten
- Ermittlung einer statistischen Gruppenantwort
- Information der Teilnehmer über die (statistische) Gruppenantwort
- (mehrfache) Wiederholung der Befragung

Methodische Grundlage des Delphi-Designs ist die Befragung von Experten, von denen man ausgeht, dass sie über einen breiten Wissens- und Erfahrungsschatz zum bearbeiteten Thema verfügen und damit zukünftige Entwicklungen komplexer Sachverhalte unter Berücksichtigung umfassender Aspekte abschätzen können.

Wesentliches Merkmal von Delphi-Befragungen ist ein mehrstufiges Befragungsdesign, welches durch wiederholte Befragung des gleichen Expertenkreises bei gleichzeitiger Übermittlung/Präsentation der Gruppenantwort der vorangegangenen Befragungsrunde gekennzeichnet ist. Die wiederholte Befragung mit der Präsentation der bisherigen Befragungsergebnisse ermöglicht es den Befragten ihre Antworten unter dem Eindruck der „Antworten seiner Kollegen gewissermaßen aus einer höheren Warte zu überarbeiten und ggf. zu korrigieren“ (BORZT UND DÖRING 2006: 261; siehe auch KINKEL et al. 2006: 112). Im Gegensatz zu Ansätzen der Gruppendiskussion oder Workshops ermöglicht die Delphi-Befragung aufgrund der Anonymität der Experten „sich frei zu äußern, ohne soziale Sanktionen innerhalb der Gruppe zu befürchten“ (HESSE et al. 2009: 6). Durch dieses Vorgehen wird erwartet, „dass das Gruppenergebnis näher am wahren Zustand liegt als eine Einzelmeinung“ (HÄDER 2002: 39ff.). Hesse weist jedoch darauf hin, dass Ergebnisse von Delphi-Studien „keinesfalls eine objektive Wahrheit wider (geben)“, sondern lediglich eine „Kumulation subjektiver Einschätzungen“ (HESSE et al. 2009: 7).

Delphi-Befragungen ermöglichen es „Entwicklungen der Zukunft unter Einbeziehung von Experten (systematisch) zu erfassen, zu analysieren und bewerten“ (KINKEL et al. 2006: 110) und auf dieser Grundlage Prognosen künftiger Entwicklungen und Sachverhalte zu erstellen. Hierdurch können frühzeitig erwartete Fehlentwicklungen aufgezeigt und Lösungsmöglichkeiten erarbeitet werden (HESSE et al. 2009: 5, HÄDER 2000: 7). „Delphi-Studien liefern somit nicht einfach ein Bild von der Zukunft, sondern eine Informationsgrundlage für die Entscheidungen, die heute zu tun oder zu lassen sind“ (KINKEL et al. 2006: 110f.). Die Delphi-Methode wird sowohl als Instrument zur Strukturierung und Erfassung von Gruppenmeinungen als auch als Vorhersageinstrument und zur Sammlung von Lösungsvorschlägen eingesetzt.

Kritikpunkte an der Delphi-Methode bestehen beispielsweise darin, dass die Befragten ihre Einschätzungen und Bewertungen nicht begründen müssen, und daher eine Unterscheidung zwischen „fundierten Meinung oder einer Spekulation“ nicht möglich ist (KINKEL et al. 2006: 113). Auch die „starre Art der Befragung“, wodurch zusätzliche Aspekte der Entwicklung nicht berücksichtigt werden können, der hohe Aufwand für die Auswahl der

Experten sowie der hohe Zeitaufwand für die Experten selbst zählen zu den Schwächen der Methode (KINKEL et al. 2006: 113ff).

6.1.2 Anwendung der Methode im Rahmen von SYNAKLI

Die im vorliegenden Fall durchgeführte Delphi-Befragung diente zum einen dazu eine Einschätzung und ein Stimmungsbild bzgl. der zukünftig im Hinblick auf Natur- und Klimaschutz relevanten Bodennutzung und Maßnahmenumsetzung zu erheben. Sie ist gekennzeichnet durch ein vorwiegend quantitatives Vorgehen und dem Einsatz geschlossener Fragen. Ein Abschnitt des Fragebogens der 1. Befragungsrunde dient jedoch auch der Erhebung von Maßnahmenvorschlägen, die gleichzeitig dem Klima- und dem Naturschutz dienen. Hierfür wurden in einem qualitativen Teil der Befragung (Darstellung des Befragungsdesigns unten) auch Maßnahmenvorschläge zur gleichzeitigen Umsetzung von Klima- und Naturschutzzielsetzungen gesammelt. Die Delphi-Befragung ermöglichte des Weiteren eine systematische Erfassung weiterer Expertenmeinungen über den Kreis der Teilnehmer der projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) hinaus. Die Befragung fokussierte wie das Projekt insgesamt sehr stark auf die Flächennutzung und die Flächenrelevanz von Klimaschutzmaßnahmen.

Die Delphi-Befragung im vorliegenden Projekt wurde als Online-Befragung durchgeführt. Es wurden bundesweit Experten aus verschiedenen Fachbereichen angeschrieben und der entsprechende Link zum Fragebogen mit der Bitte um Unterstützung der Befragung mitgeteilt. Die Befragung erfolgte anonym, was bedeutet, dass das Forschungsteam die Antworten nicht zu den jeweiligen Teilnehmer/Innen zurückverfolgen konnte.

Die im vorliegenden Fall genutzte Auswahl der zu befragenden Experten entspricht einem von Häder vorgeschlagenen Auswahlverfahren, nämlich möglichst die „Gesamtheit an Expertise (nicht von den Experten!)“ einzubeziehen (HÄDER 2000: 6). Dabei wurden zur Strukturierung der Expertenauswahl die von Häder vorgeschlagenen Quotenmerkmale herangezogen:

- Berücksichtigung verschiedener, inhaltlich relevanter Fachgebiete
- Berücksichtigung des Bereiches Wissenschaft, des privaten Sektors (Beratung, Verbände) und des öffentlichen Bereiches (Verwaltung)

Keine Berücksichtigung als Kriterium der Expertenauswahl spielte die geographische Herkunft der Experten, da ein bundesdeutscher Blickwinkel gefragt war, sowie ein „unterschiedlich ausgeprägter Grad an Fachkenntnis“ (HÄDER 2000: 9), da eine möglichst große Fachkenntnis zur Beurteilung der Entwicklungen auf der landwirtschaftlichen Fläche ratsam erschien. Einige Autoren schlagen in diesem Zusammenhang vor, vorab mit den Experten Kontakt aufzunehmen, um ihr Wissen zu testen (ROWE et al. 1991: 242). Auf ein solches Vorgehen wurde verzichtet.

Abb. 12 zeigt schematisch den Ablauf der durchgeführten Delphi-Befragung. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den festgelegten Phasen einer quantitativen Delphi-Befragung die Ergebnisse eines qualitativen Befragungsteil in der 1. Befragungsrunde in die 2. Befragungsrunde eingespeist wurden (die gestrichelten Linien deuten an, dass beide Phasen des Befragungsablaufes zur Anwendung kamen).

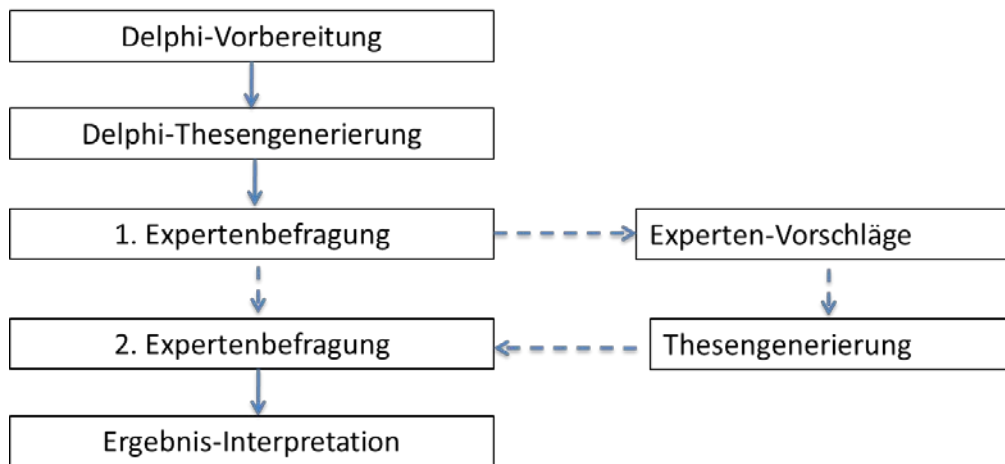


Abb. 12: Ablauf der Delphi-Befragung im Projekt Synakli

Quelle: eigene Darstellung nach KINKEL et al. 2006: 121 u. 123

Die erste Befragungsrunde fand im November 2012 statt. Der Fragebogen (siehe Anhang) umfasste 20 Fragen zu folgenden Fragengruppen:

- Entwicklungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung,
- Klima- und Naturschutzmaßnahmen auf Ebene der Landwirtschaft,
- allgemeine Entwicklungstendenzen im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Flächennutzung und der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen.

Über die inhaltlichen Fragen hinaus wurden Angaben zur befragten Person inklusive ihres Tätigkeitsfeldes angefragt.

Die zweite Befragungsrunde erfolgte im März 2013. Die Angeschriebenen erhielten die Ergebnisse der 1. Runde als Prozentangaben zu den jeweiligen Antwortkategorien und wurden gebeten die Fragen unter dem Eindruck der Ergebnisse der 1. Runde erneut zu beantworten. Da der Fragenkomplex „Klimaschutzmaßnahmen auf Ebene der Landwirtschaft“ in der 1. Runde auf weitgehend offenen Fragestellungen basierte, erfolgte eine Zusammenfassung der Antworten und im Weiteren eine Fokussierung der Fragestellung in der 2. Befragungsrunde auf die am häufigsten genannte Klimaschutzmaßnahme mit positiven Wirkungen auf den Naturschutz (Moorrestaurierung).

6.1.3 Beschreibung der Stichprobe

In einem Brainstorming der Projektbearbeiter und dem Auftraggeber wurde eine Sammlung der zu befragenden Experten zusammengestellt. Diese Sammlung enthielt 122 Namen von in Deutschland tätigen/ansässigen Experten, die sich mit dem Themenbereich Klimaschutz, nachwachsende Rohstoffe und Naturschutz auf Ebene der Landwirtschaft befassen. Diese Experten wurden per Email und der Bekanntgabe des entsprechenden Links zur Teilnahme an der Befragung eingeladen. Aufgrund von Ruhestand, Versetzung oder ablehnender Rückmeldungen wurden 6 Experten aus der Liste entfernt und die verbleibenden 116 Experten mit einer Erinnerungsmail nach 2 Wochen wiederholt angeschrieben. In der 2. Befragungsrunde wurden alle 116 Experten erneut kontaktiert, wobei nur die 71 Experten, die bereits an der 1. Befragungsrunde teilgenommen hatten, gebeten wurden, unter dem Eindruck der Ergebnisse aus der 1. Runde den Fragebogen wiederholt auszufüllen (Tab. 16).

Tab. 16: Teilnahme an den Befragungsrunden

	Befragung 1	Befragung 2
angeschriebene Experten bzw. um Teilnahme gebetene Experten	166	71
Teilnahme insgesamt (Anzahl Fragebögen)	71	51
-vollständige ausgefüllte Fragebögen	50	28
-teilweise ausgefüllte Fragebögen	21	23
Rücklauf (in Bezug auf die Gesamtzahl der teilnehmenden Experten) (%)	62	72
Rücklauf (in Bezug Anzahl der Experten, die den Fragebogen vollständig bearbeiteten) (%)	44	39

Der Rücklauf der ersten Befragungsrunde kann als sehr zufriedenstellend bewertet werden. So werden beispielsweise vom ISI (1998) Rücklaufquoten von 30% in der ersten Befragungswelle von Delphi-Befragungen genannt. Im Allgemeinen nehmen an den folgenden Runden von Delphi-Befragungen von Mal zu Mal weniger Experten teil. Dieses Phänomen wird als Panelmortalität (VORGRIMLER UND WÜBBEN 2003: 766) bezeichnet und ist auch in der hier durchgeführten Delphi-Befragung zu beobachten. Der Rücklauf in der 2. Befragungsrunde entspricht ebenfalls dem von ISI (1998: 7) genannten Kennwert von „70 bis 75% Rücklauf unter den verbleibenden Teilnehmern in den jeweiligen Folgerunden.“

Die Charakterisierung der Stichprobe zeigt, dass unter den Befragten sich vorwiegend Vertreter aus Wissenschaft und Verbänden befinden (vgl. Abb. 13).

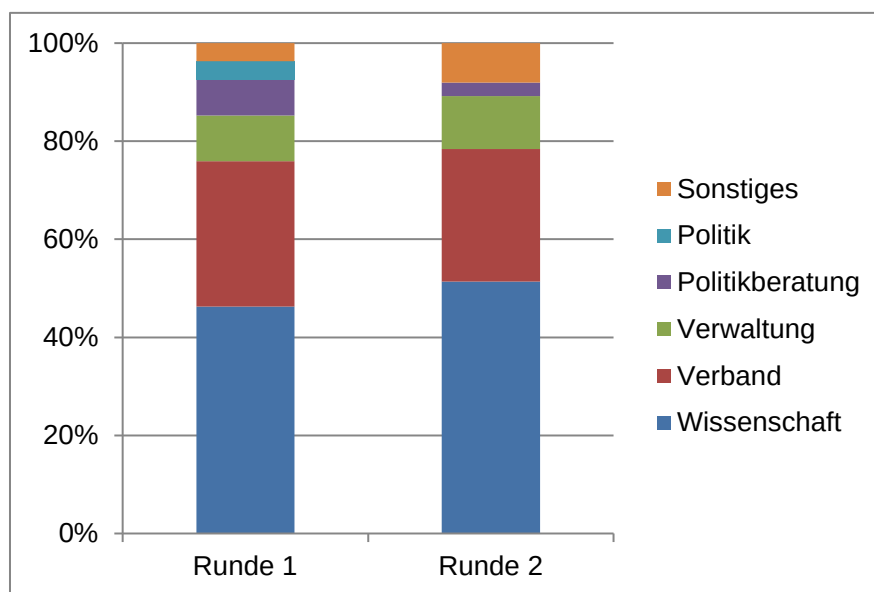


Abb. 13: Arbeitsbereiche der Befragten
Frage: „In welchem Bereich sind Sie beschäftigt?“ (Prozent der Nennungen); N=68
(Runde 1) bzw. 46 (Runde 2)

Inhaltlich befassen sich die Befragten schwerpunktmäßig mit Themen des Naturschutzes (biotisch, abiotisch, ästhetisch, Agrarökologie) und dem Ausbau von erneuerbaren Energien (Biomasse, Photovoltaik-Wind-Wärme, Abfallstoffe) (siehe Abb. 14).

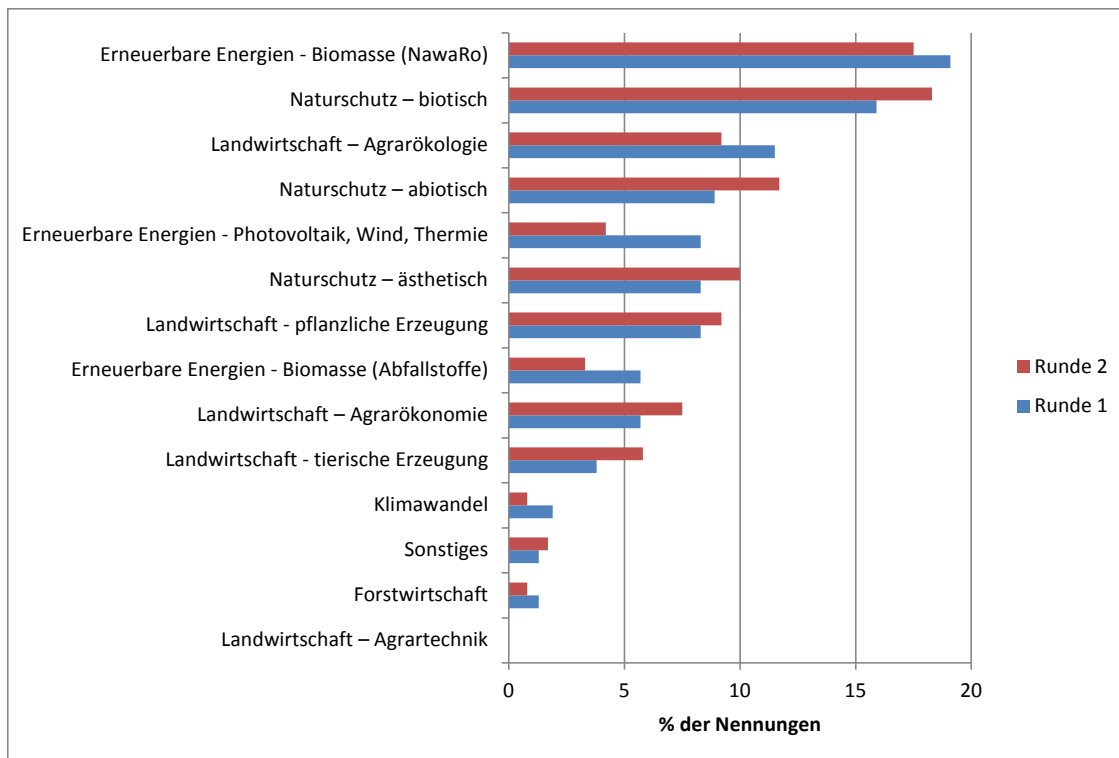


Abb. 14: Mit welchem/n Themengebiet/en beschäftigen Sie sich hauptsächlich? (Prozent der Nennungen, Mehrfachnennungen möglich) N=157 (Runde 1) bzw. 120 (Runde 2)

Die meisten Experten verfügen über mindestens einen akademischen Abschluss als Dipl. Ingenieur /Magister/Master (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Berufserfahrung der Befragten liegt im Mittel bei ca. 18 Jahren (Ergebnisse nicht dargestellt).

6.2 Ergebnisse

Nachfolgend werden in erster Linie die Ergebnisse der zweiten Befragungsrunde vorgestellt. Die Durchführung wiederholter Befragungswellen im Rahmen von Delphi-Befragungen dient dazu die Aussagekraft der Antworten zu erhöhen. Es wird daher den Ergebnissen der abschließenden Befragungsrunde eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit zugemessen, als den Ergebnissen der voran gegangenen Befragungsrunden. Darüber hinaus wird mit einer Delphi-Befragung die Konsensbildung unter den Expertenmeinungen unterstützt. Der Grad des Konsenses lässt sich anhand von Streuungsmaßen verdeutlichen, die nachfolgend beispielhaft für eine Frage dargestellt werden. Als Maßzahl für den Konsens wird im vorliegenden Fall der Variationskoeffizient verwendet. Mit ihm werden die Streuung der Werte der zwischen den Runden und Befragungsgegenständen verglichen (VORGRIMLER UND WÜBBEN 2003: 772). Tab. 17 zeigt exemplarisch, dass der Variationskoeffizient für die dargestellten Statements von der ersten zur zweiten Runde abnimmt. Dies kann andeuten, dass der Konsens innerhalb der befragten Expertengruppe zunimmt. Es ist jedoch darauf hin zuweisen, dass die Zunahme des Konsenses evtl. auch damit zusammenhängt, dass Experten mit gegenteiliger Meinung nicht mehr an der 2. Befragungsrunde teilnahmen.

Tab. 17: Exemplarische Veränderung des Variationskoeffizienten von der Befragungsrunde 1 zur Befragungsrunde 2

Veränderung der Situation in 10 Jahren bzgl. ...	Variationskoeffizient		Differenz Variationskoeffizient
	Runde 1	Runde 2	%
Renaturierung Moorflächen	0,181	0,115	-36,16
Anteil naturschutzfachlich wertvoller Flächen	0,367	0,283	-22,98
freiwillige Flächenbereitstellung für den Naturschutz durch Landwirte	0,454	0,396	-12,73
Anteil Brachflächen, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden	0,506	0,484	-4,26

6.2.1 Aussagen zur zukünftige Flächennutzung sowie den entstehenden Wirkungen auf Natur- und Klimaschutz

Der wesentliche Schwerpunkt der Delphi-Befragung war es, ein Stimmungsbild der Experten zu erhalten, wie die Entwicklungen der zukünftigen Flächennutzung eingeschätzt werden und welche Wirkungen auf Natur- und Umweltschutz aus Sicht der Experten von dieser erwarteten Flächennutzung ausgehen.

Im Folgenden werden die Erwartungen an die Entwicklungen der Flächennutzung und die damit verbundenen Wirkungen auf Natur- und Umweltschutz getrennt nach Acker- und Grünlandflächen sowie naturschutzfachlich bedeutsamen Flächen dargestellt. Die Grafiken zeigen den Mittelwert, sowie den Wert der unteren und oberen Quartile als Maß der Antwortstreuungen. Das untere Quartil markiert das untere Viertel der Verteilung, das obere Quartil das obere Viertel. Der Abstand zwischen oberem und unterem Quartil kennzeichnet den Bereich, in dem sich 50% der Antworten befinden.

Abb. 15 zeigt die für die nächsten 10 Jahre erwarteten Entwicklungen der Ackerflächennutzung. Die Experten gehen von einer weiteren Ausdehnung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe für die Produktion von Biogas und Festbrennstoffen sowie der stofflichen Verwertung aus. Geringe Veränderungen werden beim Anbauumfang nachwachsender Rohstoffe für die Biokraftstoffproduktion erwartet. Insgesamt wird von einer weiteren Intensivierung der Ackerflächennutzung ausgegangen und damit von einer Fortsetzung des Trends der vergangenen Jahre. Die Klimaschutzwirkungen dieser Entwicklungen werden durchweg positiver bewertet als die Naturschutzwirkungen. Jedoch wird insbesondere der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für Biogas und Biotreibstoffe und die zunehmende Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion auch aus Sicht des Klimaschutzes negativ beurteilt. Lediglich die Ausdehnung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen als Festbrennstoffe und zur stofflichen Verwertung wird mit positiven Klimaschutzwirkungen in Verbindung gebracht. Die Naturschutzwirkungen der betrachteten Entwicklungen werden ausnahmslos negativ bewertet. Lediglich die in geringem Umfang erwartete Ausdehnung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen als Festbrennstoffe sowie für die stoffliche Verwertung werden nur mit geringen negativen Naturschutzwirkungen in Zusammenhang gebracht.

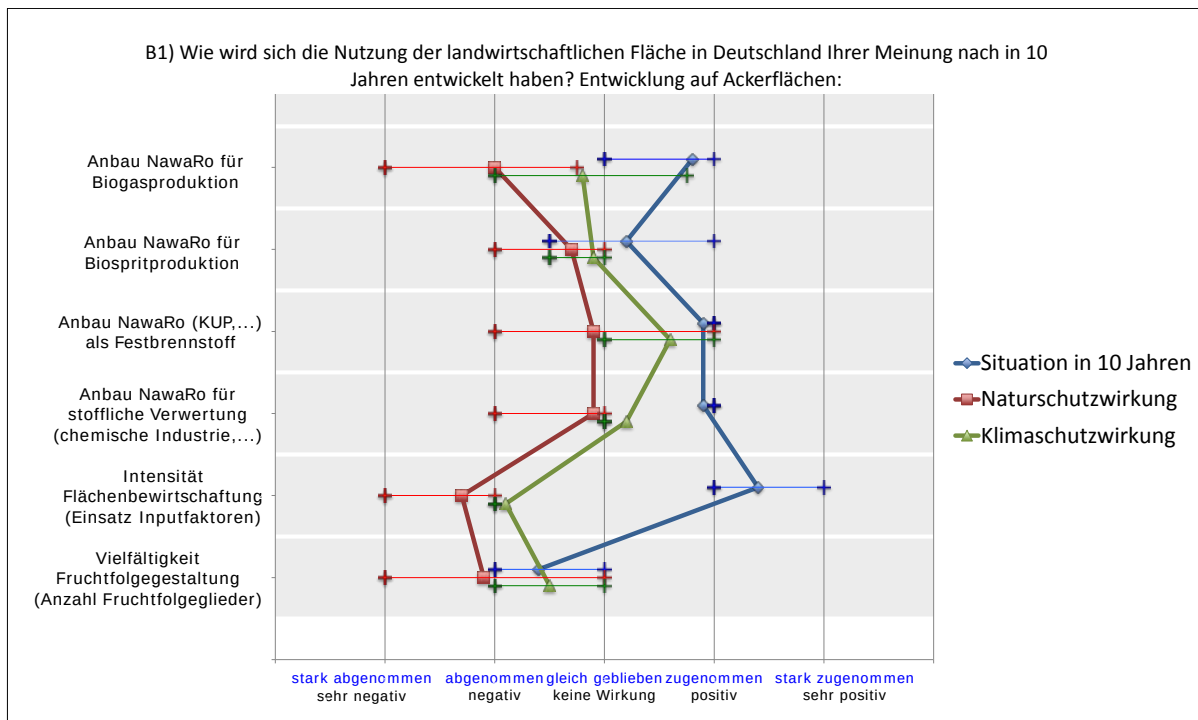


Abb. 15: Erwartungen an die Entwicklung der Ackerflächennutzung und der davon ausgehenden Wirkungen auf Natur- und Umweltschutz
 N = 30 (Runde 2); Situation in 10 Jahren: Flächennutzung stark abgenommen, abgenommen, gleich geblieben, zugenommen, stark zugenommen; Klima- und Naturschutzwirkung der Flächennutzungsentwicklung: sehr negativ, negativ, keine Wirkung, positiv, sehr positiv; Punkt: Mittelwert der Befragungsergebnisse; Kreuze: untere und obere Quartile

In Abb. 16 sind die erwarteten Entwicklungen auf Grünlandstandorten dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass auch Grünland verstärkt für die Produktion von Biomasse z.B. durch Nutzung des Grünlandaufwuchses oder Anpflanzung von Kurzumtriebsplantagen auf Grünlandstandorten herangezogen wird. Des Weiteren wird angenommen, dass die Intensität der Flächenbewirtschaftung auf dem Grünland zunimmt. Aus Sicht der Experten werden sich der Trend des Grünlandverlustes und auch die abnehmende Nutzung des Grünlandaufwuchses durch extensiv gehaltene Raufutterfresser weiter fortsetzen. Hinsichtlich der Bewertung dieser Entwicklungen unter Klimaschutzgesichtspunkten sehen die Experten sowohl den Anbau von KUP auf Grünland als auch die Nutzung von Grünlandaufwuchs positiv. Aus Naturschutzsicht werden alle Entwicklungen auf dem Grünland negativ bewertet, wobei der Anbau von KUP aus dieser Sicht nur leicht negativ abschneidet. Ein besonders starkes Auseinanderklaffen der erwarteten Entwicklung und der damit verbundenen Natur- und Klimaschutzwirkungen ist wiederum – wie bei der Entwicklung der Ackerernutzung auch - bei der Intensität der Flächennutzung zu sehen.

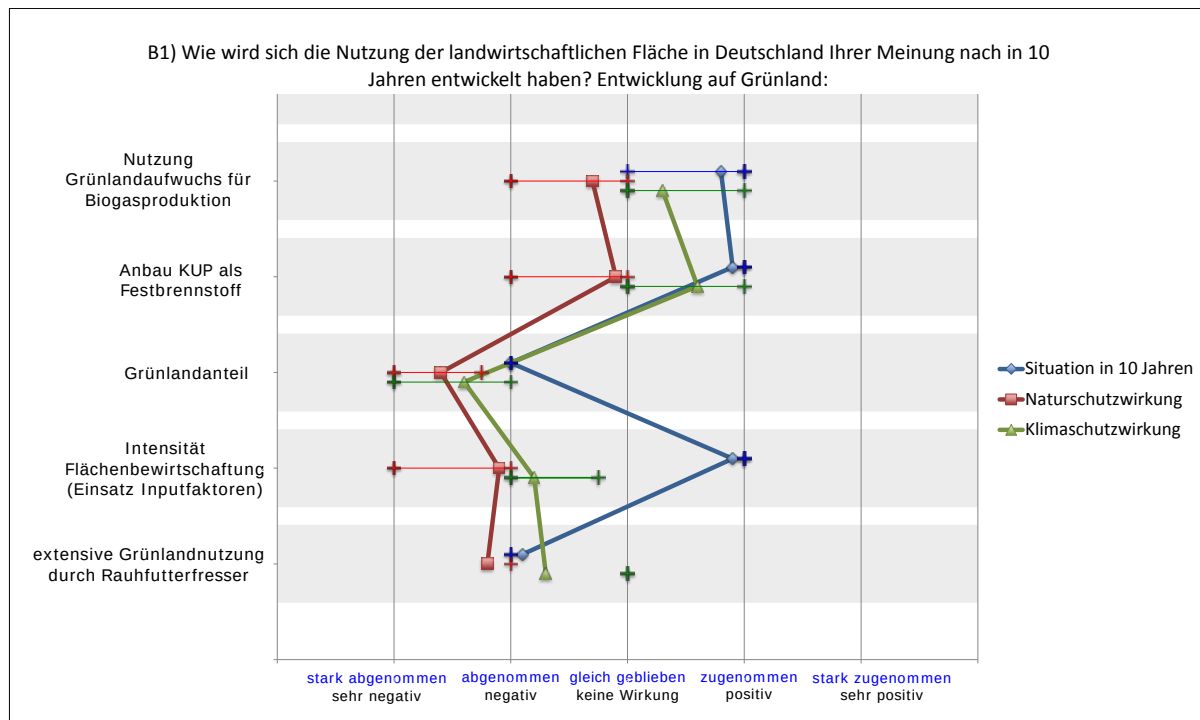


Abb. 16: Erwartungen an die Entwicklung der Grünlandnutzung und der davon ausgehenden Wirkungen auf Natur- und Umweltschutz
 N = 30 (Runde 2); Situation in 10 Jahren: Flächennutzung stark abgenommen, abgenommen, gleich geblieben, zugenommen, stark zugenommen; Klima- und Naturschutzwirkung der Flächennutzungsentwicklung: sehr negativ, negativ, keine Wirkung, positiv, sehr positiv Punkt: Mittelwert der Befragungsergebnisse; Kreuze: untere und obere Quartile

Die erwarteten Entwicklungen auf naturschutzrelevanten Flächen zeigt Abb. 17. Dabei gehen die Experten davon aus, dass der Umfang renaturierter Moorflächen bis in 10 Jahren zugenommen hat, wohingegen der Flächenumfang anderer naturschutzfachlich interessanter Flächen zurückgegangen sein wird. Es wird angenommen, dass insbesondere der Anteil an Brachflächen, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden, abgenommen haben wird. Die Naturschutzwirkungen des Flächenverlustes naturschutzfachlich relevanter Flächen werden folgerichtig negativ bewertet. Die durch den Verlust dieser Flächen entstehenden Klimaschutzwirkungen werden weniger negativ bewertet als die Naturschutzwirkungen. Die Ausdehnung der renaturierten Moorflächen ist aus Sicht der Experten sowohl mit positiven Naturschutzwirkungen als auch mit positiven Klimaschutzwirkungen in Zusammenhang zu bringen.

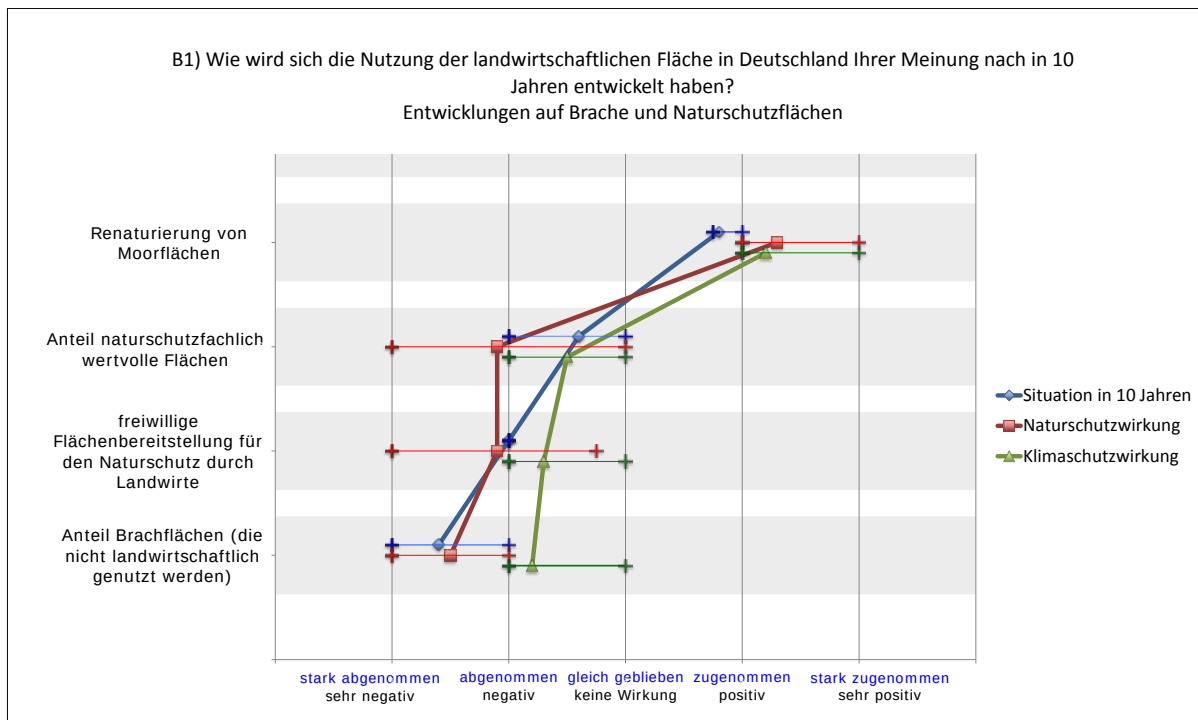


Abb. 17: Erwartungen an die Entwicklung der Bereitstellung naturschutzrelevanter Flächen und der davon ausgehenden Wirkungen auf Natur- und Umweltschutz
N = 28 (Runde 2); Situation in 10 Jahren: Flächennutzung stark abgenommen, abgenommen, gleich geblieben, zugenommen, stark zugenommen; Klima- und Naturschutzwirkung der Flächennutzungsentwicklung: sehr negativ, negativ, keine Wirkung, positiv, sehr positiv; Punkt: Mittelwert der Befragungsergebnisse; Kreuze: untere und obere Quartile

Insgesamt prognostizieren die Experten damit eine zunehmende Intensität der Flächenbewirtschaftung auf Acker- und Grünlandstandorten, die Ausdehnung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen als Biogassubstrat, Festbrennstoff und für die stoffliche Verwertung sowie den Rückgang an Grünland und naturschutzrelevanten Flächen. Dabei werden nicht nur die Naturschutzwirkungen dieser Entwicklungen vielfach negativ bewertet, sondern auch die Klimaschutzwirkungen.

6.2.2 Maßnahmen zur Realisierung von Natur- und Klimaschutzleistungen

Die Delphi-Befragung sollte in einem weiteren Abschnitt dazu beitragen, Ideen zu generieren, mit welchen Maßnahmen Natur- und Klimaschutzleistungen gleichzeitig realisiert werden können. Hierfür wurde in der 1. Befragungsrunde in einer offenen Fragestellung nach Maßnahmen gefragt, durch deren Umsetzung sich Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz ergeben. Die Ergebnisse (siehe Tab. 18) zeigen, dass Maßnahmen der Moorrenaturierung²⁴ am häufigsten genannt wurden, gefolgt von Maßnahmen der Effizienzsteigerung im landwirtschaftlichen Produktionsprozess sowie der landwirtschaftlichen Produktion nach Kriterien des ökologischen Landbaues und der Biogaserzeugung auf Reststoffbasis. Die in anderen Untersuchungen im Rahmen offener Fragestellungen festgestellte Nennung von Maßnahmen mit hohem „Neuigkeitswert“ bzw. „politisch unkorrekten Vorschlägen“ (HESSE et al. 2009: 7) konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht beobachtet werden. Die formulierten Maßnahmenvorschläge entsprechen weitgehend den in der öffentlichen Diskussion genannten Vorschlägen.

²⁴ Im Weiteren auch als Moorrestaurierung bezeichnet, da eine vollständige Renaturierung der Flächen häufig nicht möglich ist.

Tab. 18: Maßnahme mit größten Synergien zwischen Klima- und Naturschutz; Experteneinschätzung; N = 45 (freie Antwort)

Maßnahme	Anzahl Nennungen	% Nennungen
Moorrenaturierung	13	26,5
Effizienzsteigerung (z.B. Stickstoffdüngung)	6	12,5
Produktion nach Kriterien des ökologischen Landbaus	5	10,4
Biogaserzeugung auf Basis von Reststoffen incl. Landschaftspflegematerial	5	10,4
Grünlanderhalt bzw. –ausdehnung	4	8,3
Extensivierung der Grünlandnutzung	4	8,3
Anbau alternativer Kulturen für die Biogaserzeugung	3	6,3
Produktion in Agroforstsystemen	3	6,3
Anbau von Kurzumtriebsplantagen (KUP)	2	4,2

In der zweiten Befragungsrunde wurden diese Maßnahmenvorschläge aufgegriffen und die Experten gebeten, Aussagen bzgl. der gewünschten und erwarteten Priorität der Maßnahmenumsetzung zu machen. Die Unterscheidung in gewünschte und erwartete Priorität der Maßnahmenumsetzung sollte dazu beitragen, „zwischen Wünschen und tatsächlich realistischen Handlungsoptionen zu unterscheiden“ (HESSE et al. 2009: 7).

Abb. 18 zeigt die gewünschte Priorität (rote Linie) und die erwartete Priorität (blaue Linie). Von innen nach außen nimmt die Priorität, die den einzelnen Maßnahmen zugesprochen wird, zu. Da mit Ausnahme der Maßnahme des Anbaus von KUP die rote Linie regelmäßig weiter außen liegt als die blaue Linie, übersteigen die Wünsche an die Priorität der Maßnahmenumsetzung die Erwartungen bei den vorgeschlagenen Maßnahmen (siehe Abb. 18). Besonders groß ist die Differenz zwischen erwünschter und erwarteter Priorität der Umsetzung einer entsprechenden Maßnahme zum Grünlanderhalt bzw. der Grünlandausdehnung und der Grünlandextensivierung. Große Differenzen zwischen erwarteter und gewünschter Priorität ergeben sich des Weiteren bei den Maßnahmen Produktion nach Kriterien des ökologischen Landbaus, Moorrenaturierung sowie Biogaserzeugung auf Basis von Reststoffen (Differenz der erwünschten und erwarteten Priorität im Durchschnitt größer als 1).

Die Maßnahme Grünlanderhalt bzw. Grünlandausdehnung sollte nach Ansicht der Experten dabei prioritär umgesetzt werden, gefolgt von Maßnahmen der Moorrenaturierung und der Biogaserzeugung auf Basis von Reststoffen. Es wird jedoch erwartet, dass am ehesten Maßnahmen der Effizienzsteigerung umgesetzt werden, wobei auch davon ausgegangen wird, dass Maßnahmen der Moorrenaturierung (siehe auch Abb. 17), der Biogaserzeugung auf Basis von Reststoffen oder alternativer Kulturen und der KUP-Anbau umgesetzt werden.

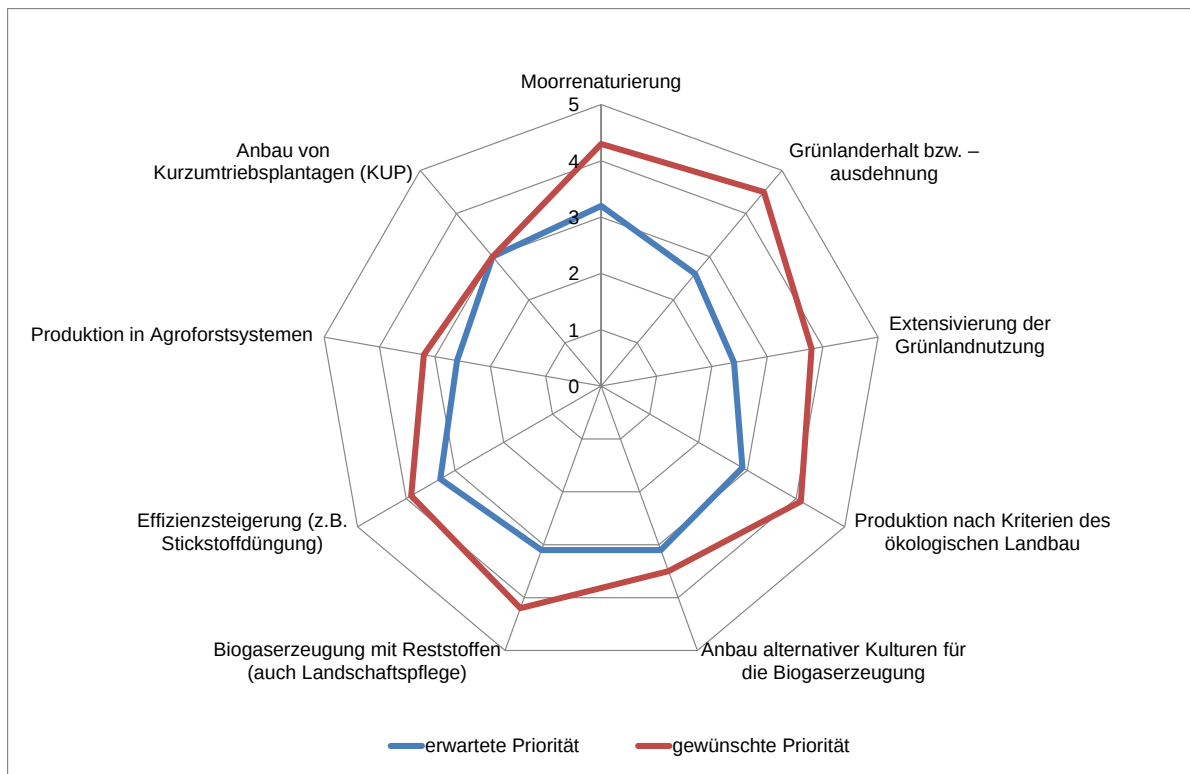


Abb. 18: Gewünschte und erwartete Priorität der Maßnahmenumsetzung
 Priorität: 0= keine Antwort, 1 = sehr niedrig, 2= niedrig, 3= neutral, 4 = hoch, 5 = sehr hoch
 N = 30 bzw. 29; Maßnahme Moorrenaturierung

Die Maßnahme Moorrenaturierung wurde in Befragungsrunde 1 auf die Frage nach Maßnahmen, deren Umsetzung gleichzeitig Naturschutz- und Klimaschutzzielsetzungen erreichen lässt, im Vergleich zu den anderen Maßnahmen am häufigsten genannt (siehe Tab. 18). In der zweiten Befragungsrunde wurden daher einige Fragen zur spezifischen Ausgestaltung einer entsprechenden Maßnahme der Moorrenaturierung aufgenommen. Die Fragen bezogen sich auf die konkreten Erwartungen und Vorschläge, wie Maßnahmen der Moorrenaturierung im Detail ausgestaltet werden sollten, sowie auf zukünftige Erwartungen der Realisierung solcher Maßnahmen.

Abb. 19 gibt einen Überblick über die erwartete und erwünschte Entwicklung der Nutzung von Moorflächen. Dabei zeigt die rote Linie die erwünschte Entwicklung und die blaue Linie die erwartete Entwicklung an. Weit außen liegende Punkte (jenseits des Wertes 3) deuten eine Zunahme der entsprechenden Flächennutzung an, während innen liegende Punkte eine Abnahme anzeigen. Punkte um den Wert 3 symbolisieren keine bzw. nur äußerst geringe Änderungen der Flächennutzung an. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem die Ausdehnung der extensiven Grünlandnutzung mit kohlenstofferhaltendem Wassermanagement²⁵ gewünscht wird, gefolgt von der Nutzungsaufgabe der Flächen oder der Nutzung durch Paludikulturen. Ebenfalls wird eine leichte Zunahme intensiver landwirtschaftlicher Nutzung mit kohlenstofferhaltendem Wassermanagement und eine technische Nutzung²⁶ der Flächen gewünscht.

²⁵ „kohlenstofferhaltendes“ Wassermanagement wird z.B. durch Dränmanagement umgesetzt, d.h. es ist Infrastruktur notwendig, um die Dränageleistung zeitlich und räumlich zu steuern (z.B. regulierbare Wehre in Gräben, regelbare bauliche Anlagen im Dränsammler (am Abfluss aus der Fläche)); generell Anhebung des Grundwasserstandes auf das maximal mögliche Niveau (ohne Beeinträchtigung der Produktionsfunktion)- insbesondere außerhalb der Vegetationsperiode

²⁶ z.B. Windparks, Fotovoltaik

Erwartet wird hingegen vor allem die Ausdehnung der technischen Flächennutzung für die Produktion erneuerbarer Energien, aber auch der Anbau von Paludikulturen und eine leichte Ausdehnung intensiv landwirtschaftlich genutzter Flächen mit kohlenstofferhaltendem Wassermanagement. In Bezug auf die Aufgabe der Flächennutzung wird von einem Rückgang des Flächenumfangs ausgegangen, wobei die Antworten eine große Streuung aufweisen.

Besonders große Differenzen zwischen erwarteter und erwünschter Entwicklung sind bei der intensiven landwirtschaftlichen Flächennutzung ohne kohlenstofferhaltendes Wassermanagement zu beobachten – d.h. diese Entwicklung ist nicht erwünscht, wird aber erwartet, im Gegensatz dazu wird die Nutzungsaufgabe und die extensive Flächennutzung mit kohlenstofferhaltendem Management erwünscht, aber nicht erwartet (Differenz zwischen Erwartung und Wunsch bei diesen drei größer als 1).

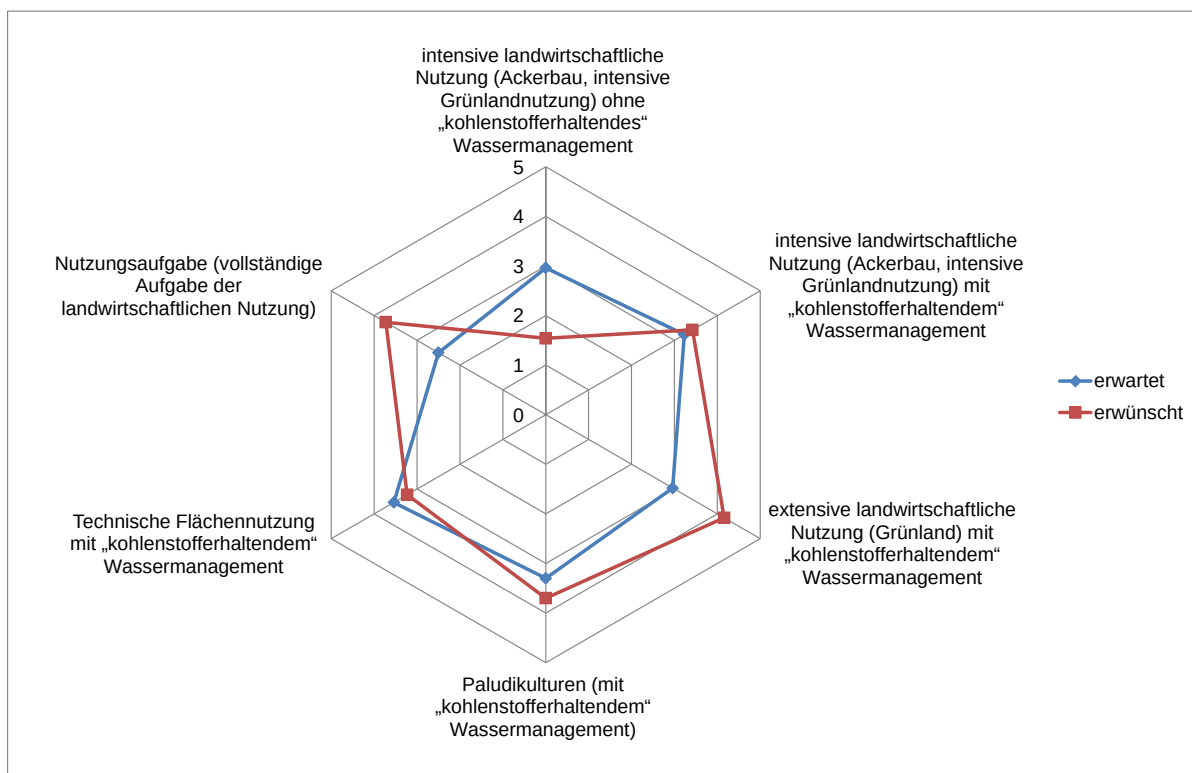


Abb. 19: Erwartete und erwünschte Entwicklung der Moorflächennutzung
Priorität: 0= keine Antwort, 1 = stark abgenommen, 2= abgenommen, 3= gleich geblieben, 4 = zugenommen, 5 = stark zugenommen; N = 26

Das höchste Klimaschutzpotential wird der Anlage von Einrichtungen zum kohlenstofferhaltenden Wassermanagement bei gleichzeitiger Nutzungsaufgabe zugeschrieben (siehe Abb. 20).

Der Zeitraum der Erschließbarkeit dieses Klimaschutzpotentials wird mittelfristig, d.h. bis in 15 Jahren für möglich gehalten. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Maßnahme „Anlage von Einrichtungen zum „kohlenstofferhaltenden“ Wassermanagement bei gleichzeitiger Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung (Grünland)“.

Am wahrscheinlichsten wird die Umsetzung einer Maßnahme *Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung (extensives Grünland) ohne Veränderung des Wasserstandsmanagements* eingeschätzt, gefolgt von den Maßnahmen *Anlage von Einrichtungen zum kohlenstofferhaltenden Wassermanagement* und *Etablierung neuer biomassebasierter Landnutzungen (Paludikulturen)* und *Anlage von Einrichtungen zum*

kohlenstofferhaltenden Wassermanagement bei Fortführung der intensiven landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau, intensive Grünlandnutzung) – allerdings scheint die Umsetzung keiner der genannten Maßnahmen als sehr wahrscheinlich – alle Werte sind kleiner als drei (mittel).

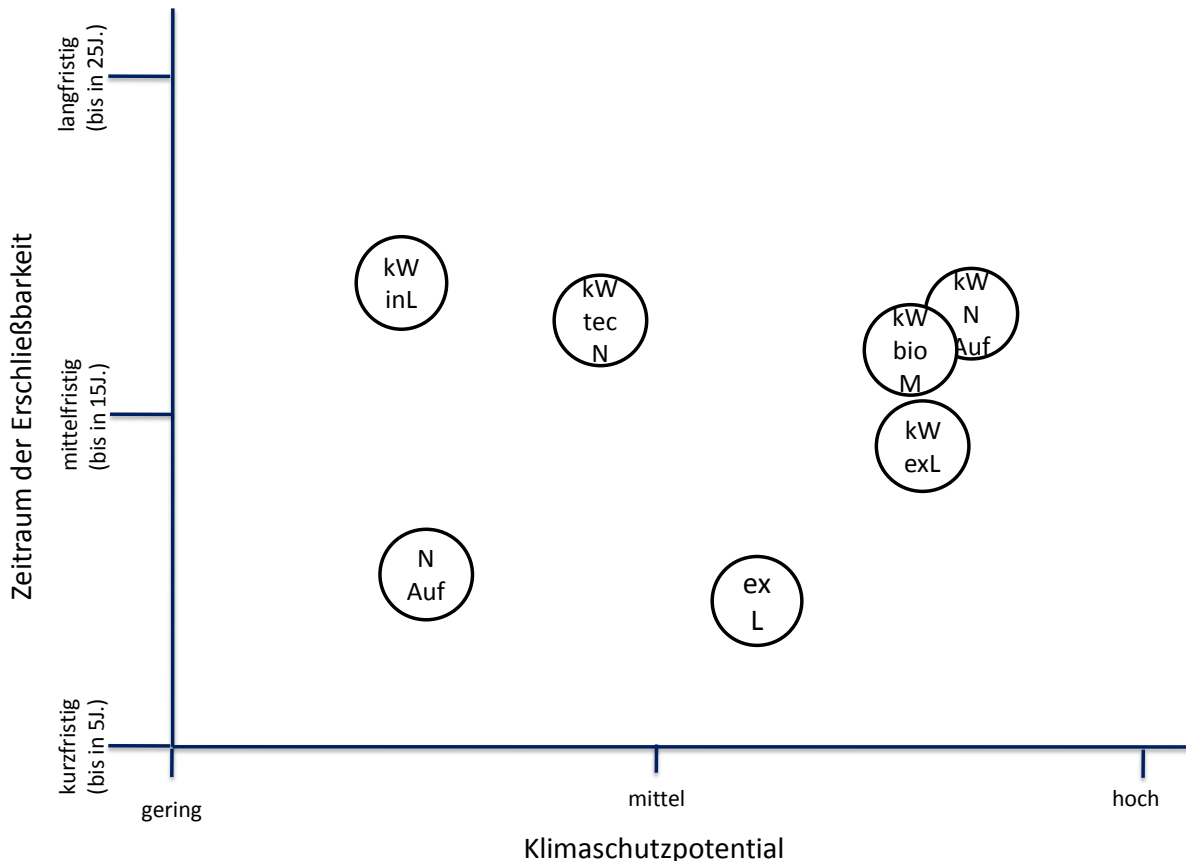


Abb. 20: Klimaschutzpotential und Zeitraum der Erschließbarkeit ausgewählter Moornutzungsvarianten
 N = 21; kW inL - Anlage von Einrichtungen zum „kohlenstofferhaltenden“ Wassermanagement bei Fortführung der intensiven landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau, intensive Grünlandnutzung); exL - Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung (extensives Grünland - ohne Veränderung des Wasserstandsmanagements); NAuf - Nutzungsaufgabe ohne Veränderung des Wasserstandsmanagements; kW exL - Anlage von Einrichtungen zum „kohlenstofferhaltenden“ Wassermanagement bei gleichzeitiger Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung (Grünland); kW NAuf - Anlage von Einrichtungen zum „kohlenstofferhaltenden“ Wassermanagement und Nutzungsaufgabe; kW bioM - Anlage von Einrichtungen zum „kohlenstofferhaltenden“ Wassermanagement und Etablierung neuer biomassebasierter Landnutzungen (Paludikulturen)

Das wichtigste Kriterium für die Auswahl eines Moorrenaturierungsprojektes sind mögliche „Synergien mit anderen Zielen“ an (siehe Abb. 21). Ebenfalls entscheidend für die Auswahl ist die „technische Machbarkeit des Erhalts des Torfkörpers“, die „hohe Wirksamkeit (Höhe der THG Einsparung pro ha) der Maßnahme“ sowie die „hohe Mächtigkeit des Moorkörpers“. Weniger wichtig erscheint insbesondere das Kriterium „Möglichkeit der Wiederherstellung eines historischen (natürlichen) Zustandes“, aber auch wirtschaftliche Gesichtspunkte der

Maßnahmenumsetzungen wurden nicht als wesentliche Kriterien für die Projektauswahl genannt.

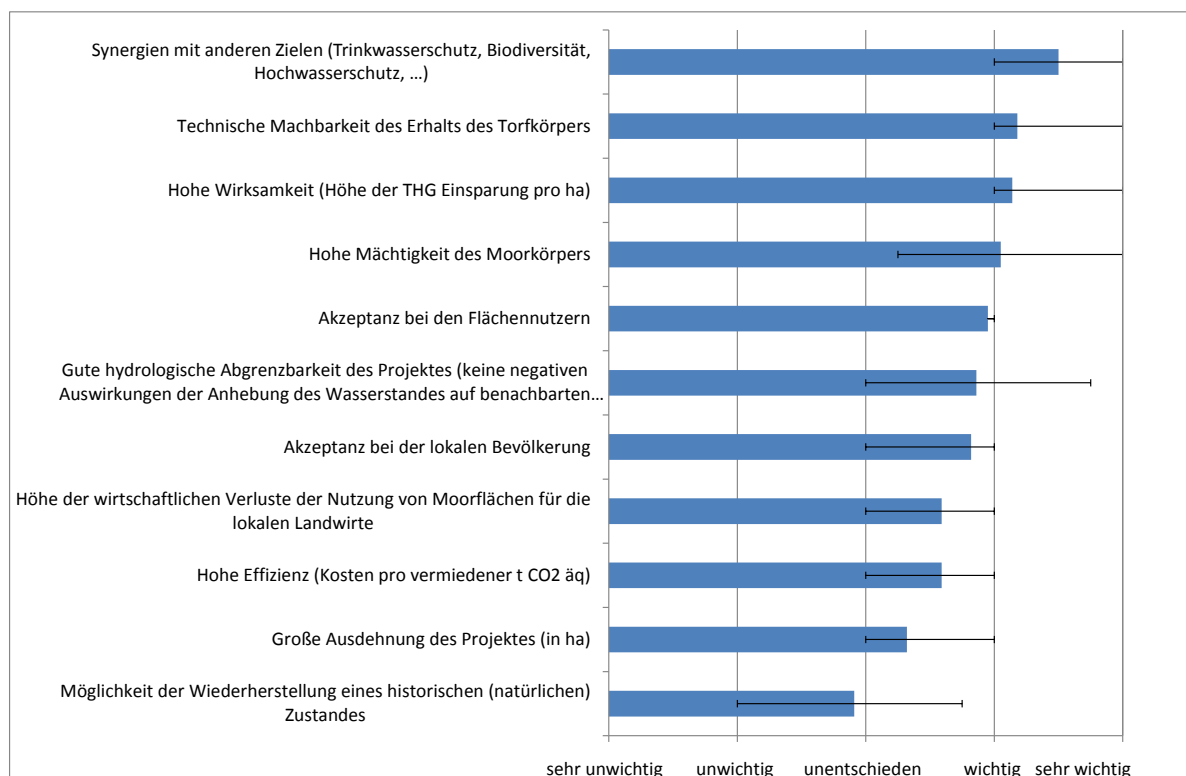


Abb. 21: Bedeutung von Auswahlkriterien für Moorrenaturierungsprojekte
N = 22

Den ökonomischen Anreizen wird jedoch als Instrument der Maßnahmenumsetzung auf Seiten der Flächennutzer die größte Priorität beigemessen. Die Bereitstellung ökonomischer Anreize stehen hier vor Ordnungsrecht und Informationsvermittlung (siehe Tab. 19).

Tab. 19: Mit welchen politischen Instrumenten sollen Maßnahmen der Moorrestaurierung prioritär umgesetzt werden? N=23

	höchste Priorität	zweithöchste Priorität	dritthöchste Priorität
	Anzahl Nennungen		
ökonomischer Anreiz	13	9	1
Ordnungsrecht	5	7	11
Informationsvermittlung/Beratung	5	7	11

In Bezug auf die konkrete Gestaltung der ökonomischen Anreizinstrumente wurden zum einen Maßnahmen der Honorierung entsprechender Maßnahmen, zum anderen auch die Einführung einer Abgabe für die Nutzung von Moorstandorten oder der Kauf entsprechender Flächen vorgeschlagen (siehe Tab. 20). Insgesamt kommt der Kombination verschiedener Anreizmechanismen (ökonomische Anreize, Ordnungsrecht, Informationsvermittlung / Beratung) eine entscheidende Bedeutung für die Umsetzung von Moorrenaturierungsprojekten zu.

Tab. 20: Vorschläge zur Gestaltung ökonomischer Anreizmechanismen, N=13

	Nennungen	
	Anzahl	%
Honorierung der Moorrestaurierung	3	23,08
Honorierung von torfschonenden Bewirtschaftungsmethoden (Förderung Dränmanagement, Paludikulturen,)	2	15,38
Verteuerung der Moornutzung (Abgabe)	2	15,38
Koppelung von Auflagen an die Gewährung von Subventionen (z.B. Direktzahlungen, Investitionsförderung,...)	2	15,38
Kauf der Moorflächen durch entsprechende Institutionen (investive Maßnahme des Naturschutzes)	2	15,38
Projekte im Rahmen des Treibhausgas-Emissionshandels	2	15,38

Es sei auch erwähnt, dass auf die Frage, wer eine entsprechende Maßnahmenumsetzung bezahlen soll, vor allem die EU, gefolgt von Bund und Ländern die Finanzierung übernehmen soll (siehe Abb. 22).

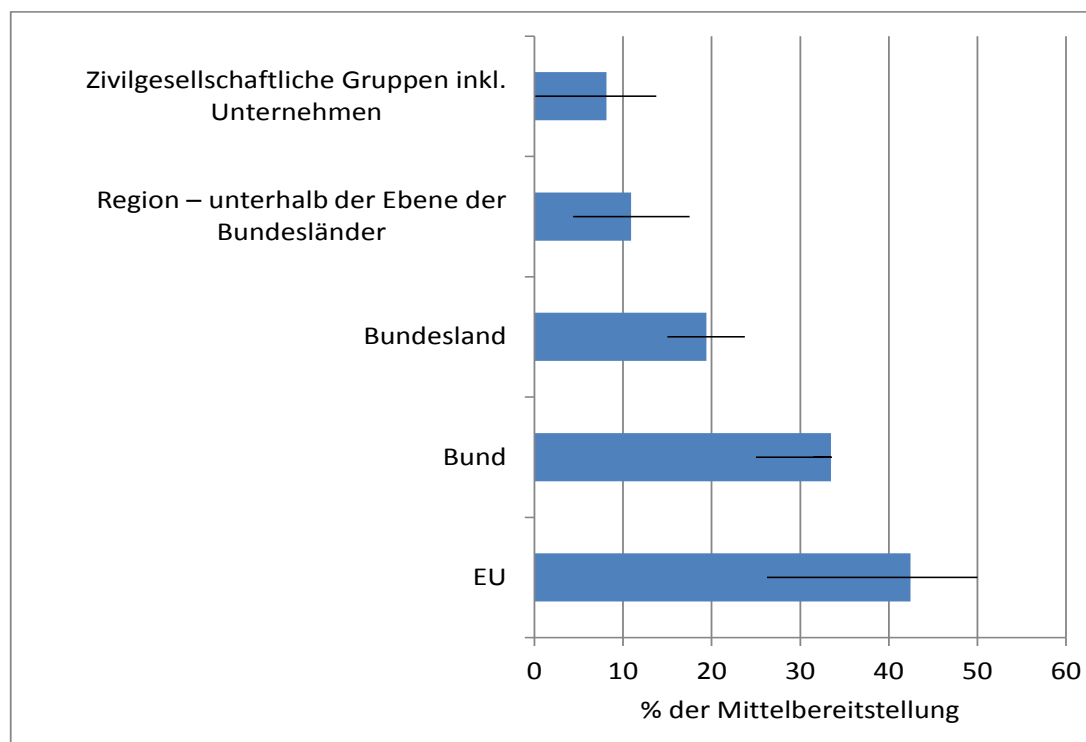


Abb. 22: Gewünschte Quellen und Anteile der Förderung von Moorrestaurierungsmaßnahmen
Frage: „Welche Ebene soll welchen Anteil der finanziellen Mittel für Maßnahmen der Moorrestaurierung bereitstellen? Bitte verteilen Sie die Mittel (100%) auf die verschiedenen Ebenen!“ N=20

Als wichtigstes Hemmnis für die Umsetzung von Moorrestaurierungen wird die mangelnde Mittelbereitstellung genannt, gefolgt von der ablehnenden Haltung der Landwirte (siehe Tab. 21).

Tab. 21: Antworten zu: „Welche Faktoren hemmen die Umsetzung von Maßnahmen der Moorrestaurierung?
Bitte bringen Sie die nachfolgend genannten Faktoren entsprechend ihrer Bedeutung in eine Reihenfolge!“ 4= wichtigster Grund bis 1 = unwichtigster Grund N=23

Gewichtete Reihenfolge	
Mangelnde finanzielle Mittelbereitstellung	3,36
Ablehnende Haltung der Landwirtschaft	3,08
Lange Planungs-, Genehmigungs- und Umsetzungszeiträume	2,32
Notwendigkeit der Überprüfung der Klimaschutzwirkung	1,25

6.2.3 Klimaschutzrelevanten Entwicklungen

Ferner wurden die Experten um ihre Einschätzung gebeten, wie zukünftig der landwirtschaftliche Beitrag zum Klimaschutz eingefordert und umgesetzt wird. Dabei wurden den Experten verschiedene Aussagen präsentiert und nach der Wahrscheinlichkeit gefragt, mit der diese Aussagen in 10 bzw. 20 Jahren Realität sein werden. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Umsetzung der vorgeschlagenen Möglichkeiten eher langfristig erwartet wird (Abb. 23).

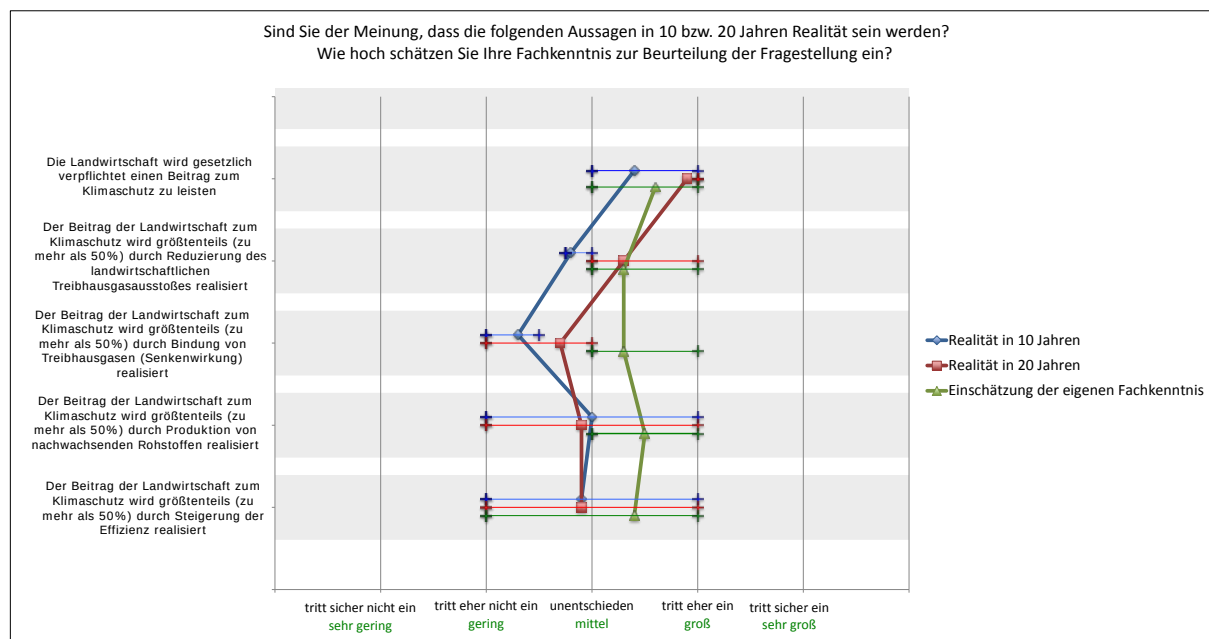


Abb. 23: Einschätzung der zukünftigen Entwicklung
Frage: „Sind Sie der Meinung, dass die folgenden Aussagen in 10 bzw. 20 Jahren Realität sein werden?“ (Teil I) sowie Einschätzung der eigenen Fachkenntnis; N = 28
Punkt: Mittelwert der Befragungsergebnisse; Kreuze: untere und obere Quartile; Punkt: Mittelwert der Befragungsergebnisse; Kreuze: untere und obere Quartile

Abb. 24 gibt einen Überblick wie einige wichtige allgemeine Entwicklungen im Bereich der Landnutzung auf mittlerer Sicht eingeschätzt werden. Die Experten gehen davon aus, dass die Flächenpotentiale zum Anbau von nachwachsenden Rohstoffen ausgeschöpft werden, und dass das Verbot der Grünlandumwandlung auf naturschutzrelevante Flächen beschränkt wird. Nicht realistisch aus Sicht der Experten erscheint eine Einschränkung des Fleischkonsums um 50%, und auch ein wesentlicher Rückgang der Flächenversiegelung auf den in der Nachhaltigkeitsstrategie definierten Zielwert von 30 ha pro Tag wird von den

Experten nicht erwartet. Dabei deutet das Ergebnis bzgl. der Einschränkung des Fleischkonsums an, dass die formulierte Aussage mit einer Einschränkung von 50% zu extrem erscheint, allerdings eine (weitere) Reduzierung des Fleischkonsums möglich ist.

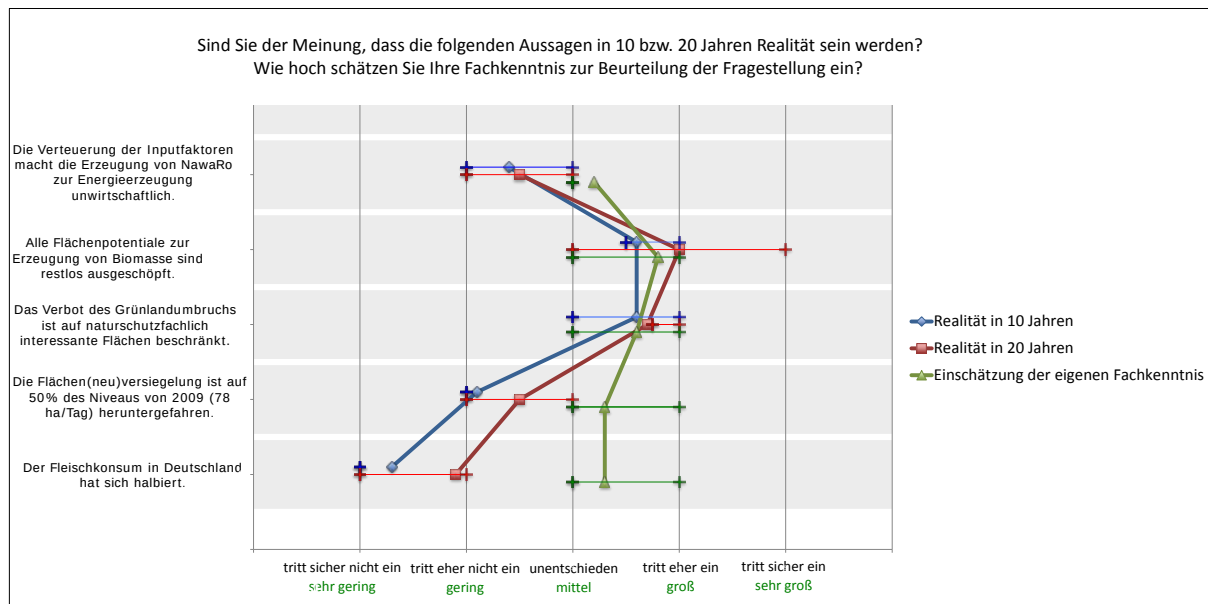


Abb. 24: Einschätzung zukünftiger Entwicklung
Frage: „Sind Sie der Meinung, dass die folgenden Aussagen in 10 bzw. 20 Jahren Realität sein werden?“ N = 28

6.3 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts wurde eine Delphi-Befragung durchgeführt, deren Ziel es war Aussagen bzgl. der zukünftigen Entwicklung der Flächennutzung sowie der damit verbundenen Natur- und Klimaschutzwirkungen zu erhalten. Des Weiteren wurden in der ersten Befragungsrunde Maßnahmenvorschläge gesammelt, deren Umsetzung gleichzeitig positive Wirkungen auf Natur- und Klimaschutz erwarten lassen. Die hohe Rücklaufquote sowie die detaillierte Beantwortung der offen gefassten Fragestellungen zeigen, dass die Methode der Delphi-Befragung geeignet ist, um die formulierten Zielsetzungen der Befragung zu beantworten. Dabei ist jedoch insbesondere im Hinblick auf die offenen Fragestellungen festzuhalten, dass Antworten und Vorschläge mit hohem Neuigkeitswert oder „politisch unkorrekte“ Vorschläge – wie dies aus anderen Untersuchungen bekannt ist - nicht gemacht wurden. Die Antworten und Vorschläge bewegen sich im Rahmen der aktuell stattfindenden Diskussion.

Die Befragungsergebnisse zeigen, dass die befragten Experten im Allgemeinen von einer Fortsetzung der aktuellen Entwicklungstrends landwirtschaftlicher Flächennutzung ausgehen. Es wird von einer Ausdehnung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe ausgegangen – mit Ausnahme des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen für die Biokraftstoffproduktion. Auch die Nutzung von Grünlandstandorten zur Produktion von nachwachsenden Rohstoffen wird aus Sicht der Experten zukünftig zunehmen. Damit in Verbindung ist die allgemeine Intensitätssteigerung (Steigerung des Einsatzes von Inputfaktoren) der landwirtschaftlichen Produktion sowie die Verdrängung extensiver und vielfältiger Wirtschaftsweisen (extensive Haltung von Raufutterfressern, Abnahme der Anzahl an Fruchtfolgegliedern) zu sehen. Der Anteil naturschutzrelevanter Flächen (Grünland, Brachen, sonstige naturschutzrelevante Flächen) wird nach Ansicht der Experten - mit

Ausnahme renaturierter Moorflächen – abnehmen, ebenso wie die freiwillige Teilnahme von Landwirten an Agrarumwelt- und Vertragsnaturschutzmaßnahmen.

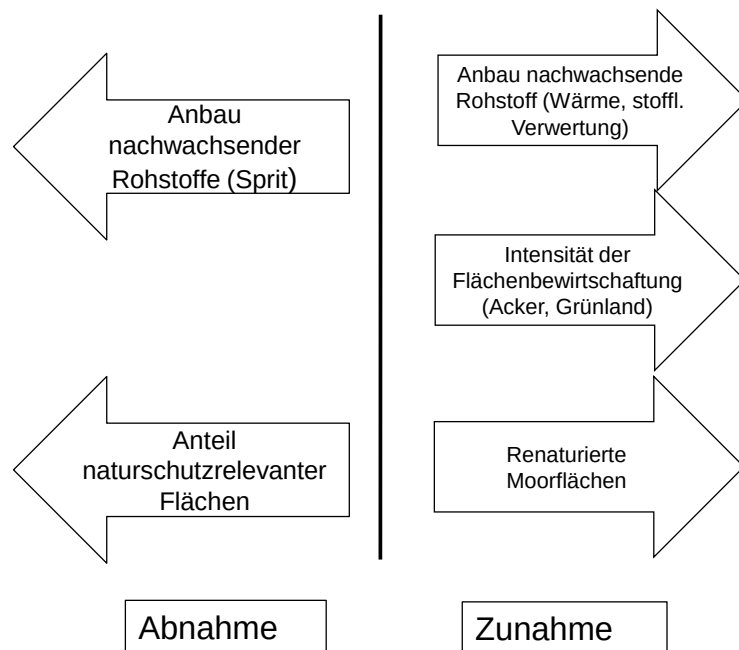


Abb. 25: Überblick über die von den Experten erwarteten Entwicklungen der Flächennutzung

Die genannten Entwicklungen sind aus Sicht des Naturschutzes überwiegend negativ zu beurteilen. Sowohl die Steigerung der Intensität auf den bisherigen Flächen als auch der Rückgang von Flächen, die für den Naturschutz von Bedeutung sein können, werden den Naturschutz aus Sicht der Experten negativ beeinflussen. Dabei gibt es hinsichtlich der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen Unterschiede. So wird die erwartete Ausdehnung der Produktion von Biogassubstrat aus Sicht des Naturschutzes negativer bewertet als die Ausdehnung des Anbaus von KUP und nachwachsenden Rohstoffen für die stoffliche Verwertung bzw. die Nutzung von Grünlandaufwuchs.

Relevant erscheint besonders die Aussage der Experten, dass auch die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen – die u.a. dem Klimaschutz dienen soll – mit negativen Wirkungen auf diesen verbunden ist. So wird der Anbau nachwachsender Rohstoffe für die Biogas- und die Biospritproduktion auch aus Sicht des Klimaschutzes negativ bewertet. Gleiches gilt für die zunehmende Intensitätssteigerung der landwirtschaftlichen Produktion, die Einengung von Fruchtfolgen und den Verlust naturschutzrelevanter Flächen. Es ergibt sich somit insbesondere in den Bereichen Handlungsbedarf, in denen eine Ausdehnung der genutzten Flächen erwartet wird, die mit negativen Wirkungen sowohl auf den Naturschutz als auch auf den Klimaschutz verbunden ist.

Hierbei handelt es sich um:

- Die Ausdehnung des Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die Biogasproduktion
- Die Intensitätssteigerung der landwirtschaftlichen Produktion auf Acker- und Grünlandstandorte
- Die Einengung der Vielfaltigkeit in der Fruchtfolgegestaltung
- Den Rückgang des Grünlandanteils
- Den Rückgang der Nutzung extensiver Grünlandflächen durch Raufutterfresser.

Die Aufzählung zeigt, dass es sich bei diesen Entwicklungen um solche handelt, die von den aktuellen Rahmenbedingungen gefördert werden (z.B. Ausdehnung des Anbaus

nachwachsender Rohstoffe für die Biogasproduktion) bzw. nicht ausreichend Unterstützung erfahren (Nutzung extensiver Grünlandflächen durch Raufutterfresser). Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes wäre es sinnvoll, verstärkt Maßnahmen zu fördern, mit deren Umsetzung sowohl Klima- als auch Naturschutzleistungen erbracht werden. Hierzu zählen z.B. die im Rahmen der Delphi-Befragung genannten Maßnahmen der Renaturierung von Moorflächen, der Effizienzsteigerung, die Produktion nach Kriterien des ökologischen Landbaus oder die Biogaserzeugung auf Basis von Reststoffen inkl. Landschaftspflegematerial.

In Bezug auf die Maßnahme der Moorrenaturierung sehen die Experten vor allem große Potentiale für den Klima- und Naturschutz durch die Nutzungsaufgabe der Flächenbewirtschaftung bzw. Extensivierung und entsprechendem kohlenstofferhaltenden Wassermanagement. Der Nutzung der Standorte für den Anbau von Paludikulturen werden verhältnismäßig hohe Klimaschutzpotential zugeschrieben. Allerdings erscheint eine Erschließung der Klimaschutzpotentiale dieser Maßnahmen erst mittelfristig möglich. Eine auch kurzfristige Erschließbarkeit allerdings geringerer Klimaschutzpotentiale wird der Nutzungsaufgabe bzw. Extensivierung der Flächennutzung ohne kohlenstofferhaltendes Wassermanagement zugeschrieben. Aus Sicht der Experten wird die Maßnahmenumsetzung insgesamt vor allem durch den mangelnden finanziellen Anreiz verhindert. Im Rahmen der Diskussion der Befragungsergebnisse innerhalb der PAG wurde auch diskutiert, dass die entsprechenden Förderperioden der GAP im Hinblick auf Umsetzung und Zielerreichung von Moorrenaturierungsmaßnahmen zu kurz gefasst sind. Den Landwirten sind im Hinblick auf Flächennutzung und finanzielle Honorierung gesicherte Rahmenbedingungen bereitzustellen, um eine Maßnahmenumsetzung zu erleichtern. U.U. sollte auch der Kauf von Flächen als Option offen stehen.

Hinsichtlich weiterer Entwicklungen, die im Zusammenhang mit den Wirkungen der Landwirtschaft auf das Klima eine Rolle spielen, sehen die Experten zwar die Möglichkeit, dass die Landwirtschaft in 20 Jahren zu Klimaschutzleistungen gesetzlich verpflichtet wird, allerdings lassen die Expertenaussagen keine Schluss zu, welchem Klimaschutzmechanismus der Landwirtschaft (Produktion nachwachsender Rohstoffe, Senkenwirkung, Einsparung im Produktionsprozess) dabei eine besondere Bedeutung zu kommen wird. Dies kann dadurch begründet werden, dass in der aktuellen Situation besonderes Augenmerk auf der Produktion nachwachsender Rohstoffe liegt, diese jedoch nur eingeschränkt mit positiven Klimaschutzwirkungen in Zusammenhang gebracht werden. Weder Maßnahmen zur Senkenwirkung noch die Einsparung von Treibhausgasen im Produktionsprozess spielen bisher auf Ebene der Landwirtschaft eine entscheidende Rolle. Dies ist auch damit begründet, dass die entsprechenden positiven Klimaschutzwirkungen stark von nicht beeinflussbaren Faktoren abhängig sind. Ferner sind die Klimaschutzwirkungen auf betrieblicher Ebene kaum mit vertretbarem Aufwand mess- und kontrollierbar (siehe Kapitel 3). Klimaschutzmaßnahmen, die auf der Ebene des Konsums landwirtschaftlicher Produkte angesiedelt sind, wurde im Rahmen der Delphi-Befragung nur im Zusammenhang mit der Senkung des Fleischkonsums thematisiert. Hier erscheint die genannte Einschränkung von 50% des Fleischkonsums den Experten als eher nicht realisierbar, wobei die Befragungsergebnisse andeuten, dass die Experten von einer weiteren Reduktion des Fleischkonsums sehr wohl ausgehen. Weitere Maßnahmen auf Ebene des Konsums wie z.B. die Reduzierung von Abfällen, allgemeine Effizienzsteigerung usw. wurden in der Delphi-Befragung nicht thematisiert.

Als zusammenfassende Schlussfolgerung aus den Ergebnissen der Delphi-Befragung lässt sich festhalten, dass es einer stärkeren Abstimmung der Maßnahmen hinsichtlich der Wirkungen auf alle Naturschutzgüter bedarf, damit negative Wechselwirkungen der Maßnahmenumsetzung vermieden werden. Insbesondere sind solche Maßnahmen

bevorzugt zu fördern, die sich auf den Zustand mehrerer Naturschutzgüter positiv auswirken (z.B. Moorrenaturierung, Effizienzsteigerung, ökologischer Landbau).

Die Landwirtschaft als drittgrößter Emittent von Treibhausgasen sowie als wesentlicher Einflussfaktor auf den Zustand der Naturschutzgüter wird zukünftig einen stärkeren Beitrag zur Erreichung der auch entsprechend politisch formulierten Ziele des Klima- und Naturschutzes zu leisten haben. Hierbei ist ein breiter Mix von Maßnahmen und politischen Instrumenten einzusetzen und insbesondere die regionale und standörtliche Situation verstärkt zu beachten.

7 Synthese: Synergien zwischen Klima- und Naturschutz in der Landwirtschaft

Nach einer allgemeinen Einleitung und Heranführung an Thema und Projekt stellte unser erstes Analyse-Kapitel 3 zunächst die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Landwirtschaft dar, führte dann in das Wirkungsgeflecht Klima/Naturschutz/Landwirtschaft ein und präsentierte die relevanten Politikinstrumente. Kapitel 4 lieferte eine Übersicht über technische Maßnahmen, die zu Synergien zwischen Klima- und Naturschutz oder zu Konflikten zwischen mit diesen verbundenen Zielen führen können. Die Ergebnisse einzelner Politikszenerarien auf der Basis einer ökonomischen Modellierung wurden in Kapitel 5 dargelegt. In Kapitel 6 wurden die Ergebnisse einer Expertenbefragung dargestellt.

Ausgehend von der Fragestellung, wie man in der Landbewirtschaftung Synergien zwischen Klima- und Naturschutz erreichen kann, soll im Folgenden eine Synthese der Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel dargestellt werden. Untersucht werden Klimaschutzmaßnahmen und ihre Synergien mit dem Naturschutz. Wie bereits anfangs beschrieben, liegt der Fokus der Analyse auf der Flächenbewirtschaftung, da hier die größten Konflikte, aber auch die größten Synergien zu erwarten sind. Erweitert wurde die Auswahl um Maßnahmen mit einem hohen Potential der THG-Vermeidung innerhalb der landwirtschaftlichen Betriebsabläufe; zusätzlich werden Möglichkeiten dargestellt, um das hohe Konfliktpotential einzelner Maßnahmen mit einer aktuell großen Bedeutung zu entschärfen. Zunächst werden in diesem Synthesekapitel die technischen Maßnahmen (Kap. 4), die in den vorangegangenen Kapiteln als geeignet identifiziert wurden, Synergien zwischen Klima- und Naturschutzzielen in der Landwirtschaft zu befördern, zusammenfassend dargestellt. In einem weiteren Schritt wird die Eignung der in Kapitel 3 vorgestellten politischen Steuerungsinstrumente für die Implementierung dieser Maßnahmen diskutiert, und Empfehlungen ausgesprochen.

7.1 Empfehlungen zu Maßnahmen

Auf der Grundlage der Literaturrecherche, den Berechnungen mit dem Modell RAUMIS, den Ergebnissen der Expertenbefragung sowie den Diskussionsergebnissen in der projektbegleitenden Arbeitsgruppe erscheinen einzelne Maßnahmen besonders geeignet, Synergien zwischen Klima- und Naturschutz zu erreichen. Sowohl aus technischer als auch aus ökonomischer Sicht sind zunächst Maßnahmen mit einem hohen THG-Minderungspotential sowie niedrigen THG-Vermeidungskosten zu empfehlen. Wesentlich hierbei ist, Konfliktpotentiale mit dem Naturschutz möglichst zu vermeiden.

Vor dem Hintergrund der mit ihnen verbundenen Effekte, lassen sich die Maßnahmen in die folgenden Kategorien einteilen:

- Maßnahmen mit Synergien zwischen Klima- und Naturschutz mit Flächenrelevanz,
- Flächenneutrale Klimaschutzmaßnahmen (Emissionsvermeidung durch Effizienzerhöhung),
- Maßnahmen mit Konfliktpotential,
- Maßnahmen mit Potential zur Minderung von Zielkonflikten.

Untenstehende Tabelle (Tab. 22) fasst die Maßnahmen in den einzelnen Gruppen zusammen. Die Bedeutung der Maßnahmen mit positiven Effekten wird durch die Ergebnisse der Delphi-Befragung gestützt. Hier wurden Maßnahmen der Moorrénaturierung am häufigsten genannt, gefolgt von Maßnahmen der Effizienzsteigerung im landwirtschaftlichen Produktionsprozess sowie der landwirtschaftlichen Produktion nach Kriterien des ökologischen Landbaues und der Biogaserzeugung auf Reststoffbasis. Diese Einschätzung deckt sich mit den Ergebnissen aus Kapitel 3. Alle grün markierten

Maßnahmen zeichnen sich durch positive Synergieeffekte aus und haben im Vergleich zum bisher praktizierten NawaRo-Anbau relativ niedrige THG-Vermeidungskosten.

Tab. 22: Bedeutende Maßnahmen mit Synergien (grün), mit Konflikten (gelb), konfliktmindernde bzw. naturschutzneutrale Maßnahmen (blau).

Maßnahmen mit Synergien zwischen Klima- und Naturschutz mit Flächenrelevanz
Moorrenaturierung /Wiedervernässung
Erhalt von Dauergrünland
Extensivierung der Grünlandnutzung (auf moorigen- /anmoorigen- Standorten); Extensivierung der Moornutzung inkl. Paludikulturen
Anbau von schnellwachsenden Hölzern auf Ackerflächen (KUP)
Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs
Umstellung auf Ökologischen Landbau
Förderung der Fruchtartenvielfalt durch a) Anbau mehrjähriger Kulturen (auch zur Konfliktminderung bei NawaRo) b) Anbau von Zwischenfrüchten / Untersaat/ Mischkulturen
Flächenneutrale Klimaschutzmaßnahmen (Emissionsvermeidung/Effizienzerhöhung)
Emissionsarme, bodennahe, abdriftarme, präzise Ausbringungsverfahren
Management Wirtschaftsdünger: a) ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger b) Abdeckung Mist-/Gülle-/Gärrest- Lagerstätten
Humusanreicherung durch a) Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen und b) konservierende, reduzierte Bodenbearbeitung c) Direkt-, bzw. Mulchsaat
Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta) basierend auf Reststoffen
Klimaschutzmaßnahmen mit Konfliktpotential
NawaRo-Anbau für die Produktion von Biodiesel (Kraftstoffe)
NawaRo-Anbau für die Produktion von Bioethanol (Kraftstoffe)
NawaRo Anbau für Biogasanlagen
Möglichkeiten der Minderung von Konflikten im Bereich NawaRo
Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen
Thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen
Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen

Wenn der Flächenbedarf der einzelnen Maßnahmen betrachtet wird, so muss unterschieden werden, ob es bei der Maßnahme um eine vollständige Veränderung der Flächennutzung handelt, oder ob sich die Maßnahme in die bestehenden Anbausysteme eingliedern lässt. Die Moorrenaturierung oder -restaurierung stellt von allen Maßnahmen die drastischste Veränderung der Landnutzung dar. Eine landwirtschaftliche Nutzung der betroffenen Flächen ist nach Umsetzung dieser Maßnahme nicht mehr möglich; eine Synergie zwischen Natur- und Klimaschutz wird auf Kosten einer landwirtschaftlichen Nutzung, wie sie in der Projektfragestellung definiert wird, erreicht. Die anderen Maßnahmen im Grünland erlauben dem gegenüber eine weitere landwirtschaftliche Nutzung, diese ist dann aber aufgrund erschwelter Bewirtschaftung kaum kostendeckend. Die THG-Minderung dieser Maßnahmen ist niedriger als bei der Moorrestaurierung.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage der Durchsetzbarkeit dieser Maßnahme, vor allem, weil ein großer Anteil der potentiellen Flächen auf größeren Niedermoorstandorten in Ostdeutschland zu finden ist. Wenn auch auf nationaler Ebene weniger relevant, nimmt hier die Landwirtschaft in der regionalen Wertschöpfung immer noch eine große Bedeutung ein. Dies spiegelt sich auch in der im Projektrahmen durchgeführten Delphi-Befragung. Hier wurde die Moorrestaurierung von den meisten Experten empfohlen, ohne dass explizit auf die Umsetzungskonflikte hingewiesen wurde.

Maßnahmen im Pflanzenbau, die sich in bestehende Betriebsabläufe integrieren lassen, erlauben weiterhin die landwirtschaftliche Nutzung, wie z.B. der Anbau von Leguminosen oder die Förderung der Fruchtartenvielfalt. Hier lassen sich THG-Emissionen reduzieren, zumindest ohne dabei größere Konflikte mit Naturschutzziele zu erzeugen. Aufgrund der unterstellten größeren Artenvielfalt kann sogar von positiven Effekten für den Naturschutz ausgegangen werden.

Die Umstellung auf den ökologischen Landbau, der auch in der Expertenbefragung als mögliche Synergiemaßnahme genannt wurde, besitzt aufgrund der Bündelung verschiedener Einzelmaßnahmen eine Sonderstellung. Wie die Effekte der Einzelmaßnahmen zusammenspielen, kann nicht eindeutig dargestellt werden. Der Verzicht auf Mineraldünger bringt zwar eindeutig positive Effekte für den Klimaschutz, in anderen Bereichen (z.B. Tierhaltung, niedrige Flächenproduktivität) existieren jedoch auch Risiken der THG-Freisetzung bzw. Ineffizienzen. Aufgrund der Organisation des ökologischen Landbaus als gesamtbetriebliches Anbausystem ist die Implementierung der Maßnahme mit einem größeren betrieblichen Umstrukturierungsprozess verbunden, der nur von einigen Betrieben in Angriff genommen wird. Vor dem Hintergrund, dass sowohl der Schutz des Klimas als auch der Biodiversität globale Herausforderungen sind, sei auf ein potentielles Dilemma hingewiesen. Im Augenblick ist unklar, ob der lokale / regionale Biodiversitätsgewinn, der durch eine Aufweitung der Fruchtfolgen oder die Umstellung auf ökologischen Landbau verursacht wird, evtl. durch eine Intensivierung der Landwirtschaft oder Ausweitung der globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche (z.B. aufgrund einer schlechteren Ausnutzung der komparativen Standortvorteile) mehr als ausgeglichen wird.

Auf Basis der Maßnahmenbeschreibung wurde deutlich, dass die Etablierung von KUP positive Effekte zum Klimaschutz beitragen kann. Eine Ausdehnung der KUP-Flächen hin zu den für die Erreichung der THG-Reduzierung nötigen Ausmaßen würde jedoch zu ähnlichen Konflikten aufgrund von Monokulturen führen, wie sie derzeit bei der Biogasproduktion (Silomais) beklagt werden. Die benötigten Flächengrößen wurden in Kapitel 5 abgeschätzt. Ein maßvoller Anbau an geeigneten Standorten, eventuell in streifenförmiger Anordnung, kann aus Sicht des Naturschutzes dagegen insgesamt positiv beurteilt werden.

Im Rahmen der flächenneutralen Klimaschutzmaßnahmen kommt es zwar nicht direkt zu Synergien zwischen Klima- und Naturschutz, d.h. die Maßnahmen betreffen nicht direkt

Flächen mit Naturschutzrelevanz, dennoch wird infolge von Emissionsvermeidung und Mineraldüngereinsparung ein positiver Beitrag zum Naturschutz geleistet. Verminderte Nitratausträge in das Grundwasser sowie die Reduzierung von Ammoniakemissionen und damit der N-Einträge aus der Luft verbessern die Umweltqualität generell und vermeiden die Eutrophierung von Oberflächengewässern und naturschutzfachlich wertvollen Lebensräumen.

Maßnahmen zur Effizienzerhöhung von Wirtschaftsdüngern reduzieren den Bedarf an ressourcenintensiven synthetischen Düngern. Hier sind sowohl emissionsarme Ausbringungsverfahren als auch Maßnahmen zu nennen, die ein effizientes Management von Wirtschaftsdüngern betreffen (z.B. ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger sowie die Abdeckung von Mist-, Gülle- und Gärrest-Lagerstätten).

Bodenverbessernde Maßnahmen wie die Humusanreicherung durch das Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen oder die konservierende Bodenbearbeitung tragen ebenfalls zu einer ressourcenschonenden Wirtschaftsweise bei, mit positiven Effekten auf Klimaschutz und Naturschutz.

Die Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta) kann nur empfohlen werden, wenn diese auf Basis von landwirtschaftlichen Reststoffen geschieht. Die Verwendung anderer Ausgangsbiomassen birgt ein hohes Risiko (Einbringung von Giftstoffen).

In die Gruppe der Klimaschutzmaßnahmen mit Konfliktpotential fallen der NawaRo-Anbau für die Produktion von Biodiesel, Bioethanol und der NawaRo-Anbau für Biogasanlagen. Die Bedeutung von Biokraftstoffen hat zwar bereits aufgrund der Veränderung bei den Beimischungsquoten leicht abgenommen. Es bleibt aber weiterhin eine konstante Nachfrage nach flüssigen Biokraftstoffen bestehen. Die fortgesetzte Förderung ist im Hinblick auf THG-Minderungskosten und die implizite Anreize zum Anbau von intensiven Ackerbaukulturen wenig empfehlenswert. Im Bereich Biogas bestehen weiterhin große Konflikte zwischen Klima- und Naturschutz.

Eine Möglichkeit der Minderung von Konflikten im Bereich NawaRo ist die Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen. Hier treten keine Nutzungskonkurrenzen zwischen Energie- und Nahrungsmittelproduktion auf, so dass weniger Anreize entstehen, die Ackerfläche auf Kosten des Grünlandes zu vergrößern. Allerdings kommt es hier zu einer indirekten Förderung insbesondere großer stallbasierter Tierhaltungen. Auch die thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen ebenso wie die Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen und Nebenprodukten reduziert unmittelbar den Druck auf wertvolle Acker- und Grünlandflächen. Zu berücksichtigen sind jedoch die Wirkungen auf den Bodenhumusgehalt.

Insgesamt lässt sich auf Maßnahmenebene empfehlen, dass sich Synergien großflächig in erster Linie durch Grünlanderhaltung erzielen lassen, wobei die THG-Minderungskosten je nach Ausgestaltung der Maßnahme stark schwanken können. Sofern die Maßnahmen mit Anreizprogrammen umgesetzt werden sollen, entstehen dabei hohe Kosten für die staatlichen Haushalte. Dies gilt generell für die Maßnahmen mit Flächenbezug, auch für den Ökologischen Landbau, der in allen Bundesländern eine Förderung aus den Agrarumweltprogrammen erhält.

Weniger unmittelbare Synergien, dafür aber klare Effekte für den Klimaschutz beinhalten Maßnahmen der Effizienzsteigerung und THG-Emissionsvermeidung. Diese sind auch aufgrund ihrer klaren Zielgerichtetheit besonders zu empfehlen.

Bei denjenigen Maßnahmen mit einem deutlichen Konfliktpotential sollte aus Naturschutzsicht auf lange Sicht auf eine Förderung verzichtet werden. Kurz- und mittelfristig

ist eine Reduzierung der Konflikte durch Einbeziehung der obengenannten (in der Tabelle blau hinterlegten) Maßnahmen angeraten. Die Kombinierbarkeit der Maßnahmen mit politischen Instrumenten soll im folgenden Abschnitt diskutiert werden.

7.2 Empfehlungen zur Ausgestaltung von politischen Steuerungsinstrumenten

Die im vorigen Abschnitt dargestellten Maßnahmen zeigen, dass Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz in vielen Bereichen der Landwirtschaft bereits bestehen oder hergestellt werden können. Gleichzeitig wurde deutlich, dass auch effizienzfördernde Maßnahmen, die zur Verminderung von Umweltbelastungen führen, einen Beitrag zum Naturschutz leisten können oder zumindest gegenüber dem Naturschutz neutral sind, was unter der Vorgabe eines effizienten Instrumenteneinsatzes nicht von Nachteil ist. Im Folgenden werden den in Kapitel 3 vorgestellten politischen Politikbereichen und den darin enthaltenen Steuerungsinstrumenten die jeweils geeigneten Maßnahmen zugeordnet und auf ihre Umsetzungsmöglichkeiten hin bewertet (siehe Tab. 23).

7.2.1 GAP: 1. Säule

Im Rahmen der Regelungen der 1. Säule in der Gemeinsamen Agrarpolitik ist der Anbau von NawaRo für Biogasanlagen nicht direkt geregelt. Es besteht die Möglichkeit, extrem einseitige Fruchtfolgen über maximale Fruchtartenanteile in den Regelungen zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in "gutem landwirtschaftlichem und ökologischem Zustand" (GLÖZ) zu beschränken. Der Ansatzpunkt sind hier die Vorschriften zum Erhalt der organischen Bodensubstanz. Die bisher geltende Fassung erlaubt weite Gestaltungsspielräume, so dass die Restriktionen in der Praxis für den Landbewirtschafter in den seltensten Fällen bindend sind. Eine eindeutige Regelung in diesem Bereich könnte die beklagten hohen Maisanteile in den Fruchtfolgen einiger Regionen sicherlich reduzieren. Diese Möglichkeiten gelten generell für die durch das EEG oder die Biokraftstoffverordnung indirekt stark geförderten Kulturen (Raps zur Biodieselherstellung, Getreide oder Zuckerrüben für die Bioethanol-Herstellung). Eine zentrale Regelung über die GLÖZ hat den Vorteil, dass nicht einzelne Kulturen in den Förderinstrumenten (z.B. EEG) ausgeschlossen oder gedeckelt werden müssen.

In der kommenden Förderperiode der GAP (2014-2020) müssen Betriebe, wenn sie die sogenannte Greening-Prämie erhalten wollen, eine bestimmte Mindestkulturartendiversität einhalten. Allerdings sind die vorgeschriebenen Schwellenwerte so ausgestaltet, dass die Regelung aus Naturschutzsicht nahezu wirkungslos ist. Das Bestreben der öffentlichen Hand, Doppelt- und Mehrfachsanktionen zu vermeiden, beschränkt die Möglichkeiten, anspruchsvolle Regelungen im Rahmen der Regelungen zum GLÖZ umzusetzen.

Tab. 23: Mögliche Steuerungsinstrumente einzelner Maßnahmen zur Verbesserung der Synergien zwischen Klima- und Naturschutz
0 - Keine Einflussmöglichkeit, V – vorhandenes Instrument, M – mögliches Instrument

Maßnahme	GAP: 1. Säule	GAP: 2. Säule	Fachrecht/GfP	EEG 2012 bzw. Kraftstoffe	Raumordnung	Andere Anreize	Empfehlung
1. NawaRo Anbau für Biogasanlagen	M	M	M	M	M	M	Handlungsbedarf Aufgrund großer Konflikte und niedriger Effizienz nur bedingt geeignet. Biogaserzeugung sollte nur über Reststoffe oder Grünlandverwertung erfolgen.
2. Förderung der Fruchtartenvielfalt durch a) Anbau mehrjähriger Kulturen b) Anbau von Zwischenfrüchten / Untersaat/ Mischkulturen	M	M	M	M	0	M	Empfehlenswert als Übergangsmaßnahme im Biogasbereich
3. Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen	0	M	0	M	0	M	Empfehlenswert für bestehende Biogasanlagen
4. NawaRo-Anbau für die Produktion von Biodiesel (Kraftstoffe)	M	0	M	M	0		Niedriges THG-Vermeidungspotential, wenig empfehlenswert Nachhaltigkeitszertifizierung
5. NawaRo-Anbau für die Produktion von Bioethanol (Kraftstoffe)	0	0	M	M	0		Niedriges THG-Vermeidungspotential, wenig empfehlenswert Nachhaltigkeitszertifizierung
6. Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen	0	0	0	M	0	0	aber empfehlenswert, Bisher niedriges Potential,
7. Anbau von schnellwachsenden Hölzern auf Ackerflächen (KUP)	V	M	V	V; M	0	0	Vorsichtige Förderung, Grünland darf nicht genutzt werden
8. Thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen	0	0	0	M	0	M	Empfehlenswert
9. Management Wirtschaftsdünger: a) ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger b) Abdeckung Mist-/Gülle-/Gärrest- Lagerstätten	V	M	V	0	0	0	Empfehlenswert
10. Emissionsarme, bodennahe, abdriftarme, präzise Ausbringungsverfahren	M	V;M	V	0	0	M	Empfehlenswert
11. Umstellung auf Ökologischen Landbau	0	V	0	0	0	0	Bedingt empfehlenswert, empfehlenswert bei Konzentration auf Schutzgebiete (Wasser- und Naturschutz)

Maßnahme	GAP: 1. Säule	GAP: 2. Säule	Fachrecht/GfP	EEG 2012 bzw. Kraftstoffe	Raumordnung	Andere Anreize	Empfehlung
12. Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs	M	V	M	0	0	M	Empfehlenswert
13. Humusanreicherung durch a) Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen und b) konservierende Bodenbearbeitung c) Direkt-, bzw. Mulchsaat	V;M	V	V	0	0	M	Empfehlenswert
14. Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta)	0	M	M	0	0	M	Empfehlenswert, wenn mit landwirtschaftl. Reststoffen
15. Erhalt von Dauergrünland	V	V	V	0	0	0	Empfehlenswert
16. Extensivierung der Grünlandnutzung (auf moorigen- /anmoorigen- Standorten) Extensivierung der Moornutzung inkl. Paludikulturen	0	V	V	0, M	0	0	Empfehlenswert
17. Moorrenaturierung /Wiedervernässung/	0;M	0	V	0	M	0	Empfehlenswert, wenn Finanzierung gesichert

Der Anbau von schnellwachsenden Hölzern auf Ackerflächen (KUP) ist in der GAP geregelt: KUP können grundsätzlich sowohl auf Ackerland als auch auf Dauergrünland angelegt werden. Die Fläche erhält dadurch den Status einer Dauerkulturfläche. Gemäß Artikel 3 b Absatz 2 der Verordnung (EG) Nr. 795/2004 gelten im Sinne von Artikel 51 der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 Stilllegungsflächen, die mit Dauerkulturen bepflanzt sind, als beihilfefähige Flächen. Dies bedeutet, dass auf stilllegungsfähigen Ackerflächen angelegte KUP für die Aktivierung von Zahlungsansprüchen bei Flächenstilllegung genutzt werden können. Die Anlage von KUP auf Dauergrünland ist grundsätzlich möglich. Da sich hierdurch der Status Dauergrünland in Dauerkultur verändert, sind entsprechend die landesrechtlichen Regelungen zum Grünlandumbruch zu beachten. Diese gilt ab einer Anzahl von mehr als 50 Bäumen pro Hektar. KUP bedürfen keiner Aufforstungsgenehmigung und sind nicht als Wald definiert.

Das Management von Wirtschaftsdüngern wird indirekt über Cross Compliance durch die Düngeverordnung reguliert (siehe Fachrecht). Für die emissionsarmen Ausbringungsverfahren besteht ebenfalls die Möglichkeit einer Verknüpfung an die GLÖZ, diese ist zurzeit jedoch nicht enthalten. Eine Überfrachtung der GLÖZ ist dabei aber nicht zu empfehlen (siehe Fachrecht: Düngeverordnung). Bei einer Novelle der Düngeverordnung können Anforderungen über die sogenannten „Statutory Management Requirements“ CC-relevant werden.

Die Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs wird in der ersten Säule der GAP nicht geregelt. Es besteht die Möglichkeit, dass ab 2015 der Anbau von Leguminosen auf die Verpflichtung der Betriebe ökologische Vorrangflächen im Rahmen des Greening bereitzustellen, angerechnet werden kann. Aufgrund der geringen betrieblichen Verpflichtungen und des vergleichsweise geringen Effektes von Leguminosen

auf die Biodiversität (im Vergleich zu Brachen oder Blühstreifen) kann dieses Instrument in der vorgesehenen Ausgestaltung nicht empfohlen werden.

Die Humusanreicherung durch das Belassen bzw. die Kompostierung von Ernterückständen wird zwar in den Regelungen zur GLÖZ angesprochen, ist aber noch zu schwach formuliert um echte Effekte zu erzielen. Der GLÖZ Standard zum Erhalt der organischen Substanz im Boden bietet viel versprechende Ansatzpunkte, um beispielsweise die Entwässerung von organischen Böden und den damit verbundenen Humusabbau zu begrenzen.

Spezielle Anbauverfahren wie z.B. die konservierende Bodenbearbeitung, die Direkt-, bzw. Mulchsaat sowie die unmittelbare Einarbeitung von Wirtschaftsdünger lassen sich kaum über die 1. Säule der GAP implementieren oder verordnen. Diese Maßnahmen sollten als Bestandteil der guten fachlichen Praxis angesehen werden. Eine Verknüpfung mit der Greening-Prämie auch aus Gründen der Kontrollierbarkeit ist nicht zu empfehlen.

Gegenwärtig ist der Erhalt von Dauergrünland über Landesverordnungen auf Grundlage des Direktzahlungen-Verpflichtungsgesetzes in der Cross Compliance mittels einer Meldepflicht für den Umbruch geregelt. Ein Umbruchverbot besteht jedoch erst ab einer 5%igen Flächenabnahme je Bundesland. Festgestellte Verstöße gegen die Vorschriften dieser Verordnungen werden im Rahmen von CC mit Prämienkürzungen sanktioniert. Diese Regelung läuft spätestens 2016 aus wird durch eine Regelung im Greening ersetzt. Die Greening-Regelung sieht ein Erhaltungsgebot auf regionaler Ebene vor. Wiederum ist eine Abnahme von max. 5% zulässig, bevor der nationale / regionale Gesetzgeber einschreiten muss. Desweiteren verschiebt sich das Referenzjahr von 2003 auf 2012. Soll mit dieser Regelung mehr als eine Verwaltung des allgemeinen Trends im Landnutzungswandel erfolgen, muss eine nationale Regelung deutlich über die Mindestanforderungen des EU-Rechtes hinausgehen. Hierzu sollte erstens der Schwellenwert deutlich abgesenkt werden und zweitens ein einzelbetriebliche oder einzelflächenbezogene Regelung angestrebt werden, um bei der Umwandlung Ankündigungseffekte und den Anreiz für eine schnelle Grünlandumwandlung wie in der letzten Förderperiode zu vermeiden. Desweiteren sollte das Instrument zum flächenspezifischen Umbruchverbot auf Grünlandflächen neben Natura 2000 Gebieten auch sonstige geschützte Biotope, organische Böden sowie erosions- und überflutungsgefährdete Gebiete umfassen.

Im Bereich der Moorrenaturierung bzw. der Wiedervernässung ist es möglich, bestimmte Landschaftselemente in die förderfähige Fläche (Bruttofläche Landwirtschaft) mit einbeziehen zu lassen. So lassen sich Zahlungsansprüchen im Rahmen der Betriebsprämie weiterhin aktivieren.

Für Maßnahmen, die auf Reststoffverwertung basieren (Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen, thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen) ist im Rahmen der 1. Säule keine Steuerungsmöglichkeit vorhanden. Ebenso wenig kann der Ökologische Landbau direkt über die 1. Säule gefördert werden, mit der Ausnahme der Greening-Anrechnung ab 2014.

Insgesamt sollten im Rahmen der 1. Säule die Ansprüche an Natur- und Klimaschutzziele hoch angesetzt werden. Wenn die Greening-Prämie als echte Umwelt-Komponente in der 1. Säule zur Geltung kommen soll, sollten der Leguminosenanbau sowie andere Maßnahmen der Fruchtartendiversifizierung als Elemente in die Auszahlungsbedingungen mit aufgenommen werden. Die bisher geplanten Elemente sind zu begrüßen, wobei aus Naturschutzsicht kritisch beobachtet werden muss, ob sich Ausnahmeregelungen ergeben werden. Dem Einsatz von 30% der Mittel der 1. Säule (~1,5 Mrd. € p. a.) sollte ein echter ökologischer Mehrwert gegenüberstehen und es sollte nicht zu einer teuren Verwaltung des Status Quo kommen.

7.2.2 GAP: 2. Säule

In der ELER-Verordnung sind in erster Linie die Schwerpunkte 1 und 2 für den Bereich Klima- und Naturschutz relevant.

Der NawaRo-Anbau für Biogasanlagen hat keinen Anspruch auf Förderung durch ELER-Mittel. Anlagen, die durch das EEG gefördert werden, haben zurzeit keinen Anspruch auf die Agrarinvestitionsförderung. Die Möglichkeit, zur Verbesserung der Biogasanlagen i.S. von flexibleren Substrataufnahmen oder der Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen eine Umrüstung bzw. die Abdeckung von offenen Gärrestlagern zu finanzieren, ist als second-best-Lösung zu empfehlen. Das gleiche gilt für Schulungen und die Überprüfung der Gasdichtigkeit, die besser über Sachkundenachweise und eine verpflichtende, regelmäßige technische Überprüfung der Anlagen geregelt werden sollten.

Die Förderung der Fruchtartenvielfalt wird in einigen Bundesländern zum Teil praktiziert. So werden der Anbau von Zwischenfrüchten, Untersaaten und Mischkulturen über Agrarumweltmaßnahmen unterstützt. Zur weiteren Verbreitung des Anbaus mehrjähriger Kulturen (vor allem bei NawaRo) sollte die Förderung ausgebaut oder zumindest gesichert werden.

Die Verbesserung des Wirtschaftsdünger-Managements durch ausreichende Lagerkapazitäten oder die Abdeckung von Mist-, Gülle- und Gärrest- Lagerstätten wird in den meisten Bundesländern aus Mitteln der Agrarinvestitionsförderung gefördert. Aus Klima- und Naturschutzsicht ist die Förderung als sinnvoll anzusehen.

Emissionsarme Ausbringungsverfahren für Wirtschaftsdünger können über Zuschüsse zu Neuinvestitionen gefördert werden oder, wie in manchen Bundesländern, über Agrarumweltmaßnahmen. Hier werden pro Hektar oder pro GVE Zuschüsse ausgezahlt. Bei allen Förderinstrumenten ist generell abzuwägen, inwieweit eine Maßnahme der guten fachlichen Praxis entspricht, also nicht förderfähig ist, oder ob die zusätzlichen Aufwendungen eine Förderung rechtfertigen. Der Beitrag zur Emissionsvermeidung ist in jedem Fall gegeben.

Die Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs und zur Bereicherung von Fruchtfolgen wird in vielen Bundesländern mit einer Prämie aus den Agrarumweltprogrammen gefördert. Aufgrund der ökonomischen Nachteile des Leguminosenanbaus ist eine Förderung gerechtfertigt, da die Effekte für den Naturschutz positiv sind. Die Förderung kann als Zwischenfruchtanbau, Fruchtartendiversifizierung, oder Winterbegrünung ausgestaltet werden.

Die konservierende Bodenbearbeitung ist schon seit langem Teil der Agrarumweltprogramme vieler Bundesländer und wird über eine Hektarprämie gefördert. Kritisiert wird hier oft, dass diese Maßnahme für den Flächennutzer keine Einbußen bedeutet, sondern vielmehr Kostenvorteile mit sich bringt, so dass eine Förderung nicht notwendig ist. Die knappen Gelder sollten deshalb für Maßnahmen mit höheren Anwenderkosten mit hohem THG-Minderungspotential eingeplant werden. Direkt-, bzw. Mulchsaatchverfahren sind kostenintensiver, aber auch hier gilt, dass der Effekt zumindest für Klima- und Naturschutz als gering einzuschätzen ist. Maßnahmen zur Humusanreicherung durch das Belassen bzw. die Kompostierung von Ernterückständen sollte ebenfalls nicht gefördert werden, sondern Teil der guten fachlichen Praxis sein.

Maßnahmen im Grünland sind in allen Agrarumweltprogrammen der Länder enthalten. Die Förderhöhe richtet sich nach dem Grad der Extensivierung bzw. der Einschränkung durch Bewirtschaftungsauflagen. Generell sind diese Maßnahmen zu empfehlen, dabei ist jedoch die Verhältnismäßigkeit zwischen Prämienhöhe und zusätzlichem Aufwand zu beachten.

Insbesondere auf moorigen und anmoorigen Standorten ist die Förderung der Extensivierung Gegenstand von AUM. Paludikulturen sind ebenfalls förderfähig, aufgrund der niedrigen Deckungsbeiträge aber nicht mit gängigen Fördersätzen kostendeckend zu betreiben. Zumindest in der Pilotphase sind hier ausreichend hohe Fördersätze zu empfehlen, um ausreichend Erfahrungen mit diesem Anbausystem zu sammeln.

Der Ökologische Landbau wird in allen Bundesländern als Agrarumweltmaßnahme gefördert. Eine Ausweitung durch höhere Fördersätze ist nicht zu empfehlen. Um großflächig Klima- und Naturschutz in der Agrarlandschaft zu fördern, ist die Maßnahme nicht geeignet und nicht finanzierbar. Sinnvoll erscheint vielmehr die Ausweitung des Ökologischen Landbaus in Schutzgebieten, da er Synergien mit Wasser- und Naturschutzziele aufweist und weniger Konflikte verursacht. Weiterhin ist zu beachten, dass unsichere Förderungsbedingungen zu Vorbehalten bei Betriebsleitern hinsichtlich einer Umstellung beitragen, da in der jetzigen Konstellation (Preisniveau, Rahmenbedingungen) der ökologische Landbau stark von der Förderung abhängig ist.

Der Etablierung von KUP wurde in einzelnen Bundesländern als Investition bezuschusst. Eine Förderung durch Agrarumweltmaßnahmen existiert nicht. Eine Förderung wäre an manchen Standorten als geeignete Maßnahme vorstellbar, wenn die Belange des Naturschutzes ausreichend berücksichtigt werden.

Im Bereich NawaRo-Anbau für die Produktion von Kraftstoffen ist eine Förderung durch die 2. Säule aufgrund der ungünstigen Effekte auf den Naturschutz nicht zielführend.

Die Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta) sowie die thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen sind ebenfalls nicht Gegenstand von Agrarumweltmaßnahmen oder der Investitionsförderung.

Als generelle Empfehlung für die 2. Säule gilt, dass bei der Förderung das THG-Minderungspotential und die Minderungskosten der Maßnahmen mit beachtet werden sollen. Die explizite Erwähnung des Klimaschutzes in den Förderbestimmungen der Agrarumweltprogramme sollte dabei ernst genommen werden. Ambitionierte Programme im Grünlandbereich, die auch innovative Maßnahmen wie die Paludikultur mit einschließen, haben ein hohes Synergiepotential. Aufgrund der Eigenschaften der Maßnahmen im Ackerbau (Kostenvorteile durch pfluglose Bodenbearbeitung) sollten Ressourcen in diesem Bereich sparsam verwendet werden. Ausnahme bleibt der ökologische Landbau, der als Maßnahmenbündel insgesamt Vorteile im Klima- und Naturschutz bringt, und dessen Förderung auf einem politischen Konsens beruht.

7.2.3 Fachrecht

Das Fachrecht in Landwirtschaft und Naturschutz erlaubt Einschränkungen und Vorgaben in der Flächennutzung. Die Möglichkeiten, die sich hier ergeben, sollten unter Abwägung der (Kosten-) Effekte für die von den Regelungen Betroffenen ausgeschöpft werden. Eine an Umweltzielen ausgerichtete Festschreibung der „Guten fachlichen Praxis“ in der standortgerechten Bewirtschaftung kann Synergien für Klima- und Naturschutz fördern.

Gerade um extrem einseitige Fruchtfolgen im Rahmen des NawaRo-Anbaus (Biogas, Kraftstoffe) zu vermeiden, wäre eine Regelung von maximalen Fruchtartenanteilen innerhalb einer Fruchtfolge von Vorteil. Ein erster Ansatzpunkt ist hier die Verknüpfung zu GLÖZ in der 1. Säule der GAP (siehe oben). Mit dieser Regelung könnte ein zu hoher Anteil an Silomais innerhalb eines Betriebes sanktioniert werden. Die bisherige Regelung aus Naturschutzsicht zu schwach und kann unterlaufen werden. Außerdem besteht bei der Bindung an die Direktzahlungen der 1. Säule die Gefahr, dass bei hohen Produktpreisen auf die

Inanspruchnahme der Direktzahlungen verzichtet werden kann und weiter mit einseitigen Fruchtfolgen gewirtschaftet wird.

Deshalb ist eine eindeutige Festschreibung einer minimalen Zahl von Fruchtfolgegliedern im landwirtschaftlichen Fachrecht zu empfehlen. Ein Minimum an Fruchtartenvielfalt könnte so sichergestellt werden.

Die Düngeverordnung schreibt bereits eindeutige Maßnahmen beim Management von Wirtschaftsdünger vor. So ist eine ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger und die unmittelbare Einarbeitung von flüssigem Wirtschaftsdünger bereits vorgeschrieben. Die obligatorische Abdeckung aller Mist-, Gülle- und Gärrest-Lagerstätten sollte verpflichtend werden.

Die gesetzliche Verankerung einer Anwendung von emissionsarmen Ausbringungsverfahren für Wirtschaftsdünger könnte große Mengen an THG-Emissionen vermeiden. Dies wäre aber je nach verwendeter Technologie mit großen Kosten für die betroffenen Betriebe verbunden. Bis zu welchem THG-Vermeidungsniveau die Landwirtschaft in die Pflicht genommen wird, kann nur im politischen Prozess geklärt werden.

Im Bereich der Humusanreicherung durch Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen besteht im Rahmen der Düngeverordnung eine Aufzeichnungspflicht, die allerdings nur der Überprüfung der Stickstoff- und Phosphatdüngung dient. Die Erstellung von betrieblichen Humusbilanzen und die Einhaltung bestimmter Humusreproduktionswerte ist bisher lediglich eine Option zur Erhaltung der organischen Bodensubstanz im Rahmen der GLÖZ-Anforderungen.

Der Erhalt von Dauergrünland wird im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) durch die gute fachliche Praxis angesprochen. Tatsächliche Einschränkungen ergeben sich meist jedoch nur in Natur- und Landschaftsschutzgebieten sowie in Gebieten die von der Wasser-Rahmenrichtlinie (WRRL) sowie der FFH-Richtlinie betroffen sind. Im BNatSchG wird gefordert, den Grünlandumbruch auf sensiblen Standorten zu unterlassen, dies bedarf jedoch zum Vollzug einer Konkretisierung (Aufnahme der Kriterien in die Eingriffsregelungen der Landesnaturschutzgesetze, Festlegung eindeutiger Kulissen). Nur in einigen Bundesländern wird die Umwandlung von Grünland als Eingriff gewertet. Flächendeckend gelten in Bezug auf den Erhalt von Grünland wiederum nur die Bestimmungen im Zusammenhang mit den Direktzahlungen (1. Säule GAP, siehe oben).

7.2.4 Erneuerbare-Energien-Gesetz und Kraftstoffe

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (seit EEG 2005 bis 2013) setzt insbesondere im landwirtschaftlichen Bereich Anreize zur Produktion von Energie auf der Basis von Biomasse; produziert als nachwachsende Rohstoffe oder in Form von landwirtschaftlichen Reststoffen. Zunächst gedacht als Anreizinstrument für die noch relativ wenig verbreiteten Biogasanlagen (meist auf Güllebasis), entwickelte sich die auf 20 Jahre garantierte Einspeisevergütung für Strom aus Biomasse zu einem Förderinstrument mit bundesweit sichtbaren Folgen. Die Vorteile der Verwendung von Silomais erhöhten die Anteile dieser Fruchtart in der Agrarlandschaft zunehmend. Kritisiert werden an diesem Verfahren der hohe Flächenanspruch und die hohen THG-Vermeidungskosten, wie auch in den Ergebnissen der Modellierung in Kapitel 5 bestätigt. In diesem Zusammenhang wurde mit jeder Novelle des EEG versucht, Silomais als Haupt-Gärsbstrat zu reduzieren bzw. ökologisch vorteilhaftere Substrate zu fördern. Insgesamt hat sich aber die Vorzüglichkeit von Silomais als Gärsbstrat in der Praxis kaum reduziert.

Aus Gründen des Klimaschutzes ist die Energiebereitstellung aus NawaRo generell eher nachteilig. Einzig die Energieproduktion auf der Grundlage von Reststoffen ist unter

Klimaschutz- und Synergieaspekten zu befürworten, da hier keine Konflikte mit anderen Flächennutzungen entstehen, und somit auch naturschutzrelevante Flächen nicht unter Druck geraten. Eine Steuerung im EEG ist hier sinnvoll. Neue Auflagen erreichen aber nur Neuanlagen, für die Umstrukturierung des Altanlagenbestands fehlen entsprechende Konzepte, z.B. um die Verwendung von Mais zurückzufahren und von Reststoffen zu erhöhen. Maximale Fruchtartenanteile sollten im landwirtschaftlichen Fachrecht begründet werden, so dass ein permanentes Nachsteuern mit Boni, Mali und Deckelungen entfallen kann. Eine Förderung von Anbaubiomassen sollte höchstens für Anlagen, die dem Bestandsschutz unterliegen, gewährt werden. Auch die entsprechenden Abschnitte im Energiewirtschaftsgesetz, die eine Privilegierung von Biogasanlagen implizieren, sind zu streichen.

Im Biokraftstoffbereich wurde durch Beimischungsquoten ein Mindestanteil an Biokraftstoffen erreicht. Aufgrund der ökologischen Nachteile ist hier bereits eine Reduzierung der Mindestmengen erfolgt. Synergien lassen sich in diesem Bereich kaum erreichen. Lediglich im Reststoffbereich könnten neue Potentiale für Biokraftstoffe erschlossen werden, die über Rohstoffklassen geregelt werden könnten. Im Reststoffsegment ist aber weniger ein Anzeilelement gefragt, sondern vielmehr eine Förderung der Forschung (s.u.).

Aufgrund des erheblichen Flächenanspruchs, der meist nur geringen Klimaschutzleistung je Flächeneinheit und dem damit verbundenen geringen Beitrag zur Energieversorgung sollte jegliche direkte Förderung des Einsatzes von Anbaubiomassen beendet werden. Bei Bioenergielinien, die schon heute konkurrenzfähig sind (Holz), sollte eine Forschungsförderung erfolgen, um die Effizienz zu steigern (z.B. zur kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme in kleineren Feuerungsanlagen). Aus Gründen des Ressourcenschutzes ist nach Möglichkeit eine Kaskadennutzung anzustreben.

7.2.5 Raumordnung

Nach Durchsicht der Literatur wurde deutlich, dass nicht nur landwirtschaftliche Maßnahmen zum Klimaschutz Naturschutzziele vernachlässigen oder sogar gefährden, sondern auch umgekehrt die **Landschaftsplanung** den Klimaschutz ungenügend berücksichtigt; erkennbar daran, dass entweder eine Anpassung an den Klimawandel oder häufig nur ein indirekter Klimaschutz - wie z.B. im Fall vieler Agrarumweltmaßnahmen - betrieben wird. Im Naturschutz und in der Landschaftsplanung liegen jedoch nicht zu unterschätzende Potentiale zur Speicherung oder Senkung von Treibhausgasemissionen. Diese Minderungspotentiale können mitunter durch den Erhalt besonders wertvoller Ökosysteme wie Moore und Grünland sowie die Ausweitung humusanreichernder und bodenschonender Bodenbearbeitungs- und Nutzungsmethoden einbezogen werden (WILKE et al. 2011). So kann nicht nur der Ausstoß klimaschädlicher Gase wie Kohlendioxid, Methan und Lachgas vermindert werden, sondern gleichzeitig sind bestimmte Ökosysteme, wie insbesondere Feuchtgebiete und Extensivgrünland in der Lage, der Atmosphäre Treibhausgase zu entziehen und zu binden (VON HAAREN et al. 2010). Der Ausweisung von Schutzgebieten kommt hier eine besondere Rolle zu, die in Planungsprozessen zu berücksichtigen ist.

Im Bereich des NawaRo-Anbaus für Biogasanlagen kann die landwirtschaftliche Produktion kaum von planerischen Instrumenten beeinflusst werden. Wesentlich zielführender ist eine planerische Begleitung beim Bau von Biogasanlagen. Die Privilegierung des Anlagenbaus für landwirtschaftliche Betriebe ist in diesem Zusammenhang kritisch zu sehen. Der Nachweis der Flächenverfügbarkeit für Substratanbau und Gärrestverwertung sollte auf regionaler Ebene zumindest planerisch begleitet und zur Voraussetzung für Baugenehmigungen gemacht werden. Bei nicht privilegierten, größeren Anlagen sollten eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) sowie das Baurecht strikt zur Anwendung kommen. Die

UVP sollte sich hierbei nicht nur auf den eigentlichen Bau, sondern auch auf die Flächen zur Substratbereitstellung beziehen.

Eine Moorrenaturierung, die mit einer Wiedervernässung landwirtschaftlicher Flächen einhergeht, muss planerisch begleitet werden, da sich das Anheben der Grundwasserflurabstände meist nicht auf Einzelflächen begrenzen lässt und sich einzelwirtschaftliche Kosten und Konflikte durch Flächentausch begrenzen lassen. Meist sind in diesem Zusammenhang größere Räume betroffen, für die ein umfassendes Konzept der Wasserregulierung und der Flächennutzung erarbeitet werden muss (Infrastrukturmaßnahme und Flurbereinigung / Flächentausch).

7.2.6 Andere Steuerungsinstrumente

Andere Möglichkeiten der Schaffung von Synergien zwischen Klima- und Naturschutz liegen in der Beratung und Informationsbereitstellung. Gerade im Bereich Effizienzerhöhung liegen große naturschutzneutrale Klimaschutzpotentiale, die den Akteuren Kostenvorteile verschaffen können. Im Bereich der Flächenbewirtschaftung können durch konservierende Bodenbearbeitung oder effiziente, emissionsarme Düngerausbringung Produktionskosten eingespart werden, womit gleichzeitige THG-Einsparungen verbunden sind. Öffentliche Beratungsangebote können hier große Vorteile erbringen.

Maßnahmen, die mit steigenden Kosten verbunden sind, wie der Leguminosenanbau auf Ackerflächen haben ein weit geringeres Umsetzungspotential durch Beratung. Dennoch kann durch die Beratung eine Sensibilisierung zur Problematik Natur- und Klimaschutz erreicht werden.

Auch im Bereich des NawaRo-Anbaus für Biogasanlagen kann durch Beratung zu den Eigenschaften anderer Substrate eine Reduzierung negativer Effekte erreicht werden. Oft ist den Betreibern von Biogasanlagen die Problematik der einseitigen Fruchtfolgen bewusst, so dass Informationen zu alternativen Substraten mit Interesse verfolgt werden. Weitere Forschung zum Management von Biogasanlagen mit alternativen Substraten kann einen Beitrag gegen die Monotonisierung der Fruchtfolgen leisten.

Die Steuerung der THG-Emissionen durch fiskalische Instrumente (Steuern) ist insbesondere in der Landwirtschaft nicht weit verbreitet. Im Gegenteil bestehen für die Landwirtschaft immer noch Steuervergünstigungen für THG-relevante Produktionsmittel wie Dieselmotorkraftstoff, so dass im Vergleich zu anderen Sektoren geringere Anreize bestehen, Einsparungen zu realisieren. Als Instrument zur Förderung der Effizienz eignet sich z.B. eine Stickstoff-Steuer, die Anreize setzen würde, Dünger noch effizienter einzusetzen.

7.3 Allgemeine Empfehlungen

Insgesamt gelten für die Erreichung von Synergien zwischen Klima- und Naturschutz in der Landbewirtschaftung die folgenden Grundsätze:

- Echte Synergien fördern: Moorschutz durch Moorrestaurierung, Grünland erhalten

Die Verknüpfung von Natur- und Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft vermeidet von vornherein die Notwendigkeit, eine Abwägung der Ziele vorzunehmen. Eine Förderung des Moorschutzes auf der Basis von Natur- und des Klimaschutzprogrammen ist eine Möglichkeit, ausreichend finanzielle Mittel für die Umsetzung aufzubringen.

Fördermöglichkeiten sind z.B. durch Agrarumweltprogramme gegeben, die aus Klimaschutztopfen kofinanziert werden oder durch die Finanzierung über THG-Vermeidungszertifikate. Die Neuausrichtung der GAP hin zu Aspekten des Klimaschutzes

öffnet hierfür neue Möglichkeiten der Förderung (z.B. Moor-Futures). Ordnungsrechtlich ließe sich der weitere Umbruch von Grünlandflächen ohne größere Probleme eindämmen.

- Flächenneutrale Maßnahmen: Effizienz erhöhen und Emissionen vermeiden

Klimaschutz lässt sich mit niedrigen THG-Vermeidungskosten auch ohne die Nutzung großer Anbauflächen realisieren. Eine Erhöhung der Stickstoffeffizienz bei der Düngung durch Vermeidung von Emissionen bei der Lagerung oder Ausbringung nützt dem Klima und der Natur. Als Instrument zur Förderung der Effizienz eignet sich z.B. eine Stickstoff-Steuer, die Anreize schafft, Dünger noch effizienter einzusetzen.

- Reststoffeinsatz belohnen

Der Einsatz von landwirtschaftlichen Reststoffen in der Biogaserzeugung nutzt immer noch nicht das gegebene Potential aus. Ein echter Anreiz zur Verwendung dieser Stoffe (Wirtschaftsdünger, aber auch von Landschaftspflegematerial) bei gleichzeitig niedrigerer Vergütung von NawaRo vom Acker könnte einen positiven Beitrag leisten.

8 Literaturverzeichnis

- AGEB (ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN) (2012): Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern 1990-2011. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energie-als-ressource/primaerenergieverbrauch> [Letzter Zugriff: 28.08.2014]
- ALI, W. (2009): Modelling of Biomass Production Potential of Poplar in Short Rotation Plantations on Agricultural Lands of Saxony, Germany. Dissertation. Dresden: Technische Universität. URL: <http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/345/1237199867841-2482.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- ALLUVIONE, F.; BERTORA, C.; ZAVATTARO, Z.; GRIGNANI, C. (2010): Nitrous Oxide and Carbon Dioxide Emissions Following Green Manure and Compost Fertilization. Soil Science Society of America Journal 74(2): 384-395. doi:10.2136/sssaj2009.0092
- AMT FÜR STATISTIK BERLIN BRANDENBURG (2012): Statistischer Bericht C II 2 – j / 12 Ernteberichterstattung über Feldfrüchte und Grünland im Land Brandenburg 2012. URL: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/Publikationen/Stat_Berichte/2013/SB_C02-02-00_2012j01_BB.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- AUGUSTIN, J.; GIEBELS, M.; BEYER, M.; MINKE, M.; SOMMER, M.; EHRIG, B.; LEITHOLDT, E.; CHOJNICKI, B.; JUSZCZAK, R.; SERBA, T.; OLEJNIK, J. (2009): Angepasste Landnutzung auf Niedermooren in NO-Deutschland. S. 118. In: JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (VTI) (Hrsg.): Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft. Tagungsband 15./16.Juni 2009. Braunschweig: VTI. URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/zi044100.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STEUERN (2009): Merkblatt über den Aufbau der Bodenschätzung (02/2009). URL: http://www.finanzamt.bayern.de/Informationen/Steuerinfos/Weitere_Themen/Bodenschätzung/Merkblatt-ueber-den-Aufbau-der-Bodenschätzung.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2010): Auswirkungen nachwachsender Rohstoffe auf Natur und Umwelt in Bayern – Teil 2: Flächenentwicklung in der Landwirtschaft und Umweltauswirkungen. URL: http://www.lfu.bayern.de/natur/nawaro/projekt/doc/teil_2.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2013): Nachwachsende Rohstoffe und Auswirkungen auf Natur und Landschaft. URL: <http://www.lfu.bayern.de/natur/nawaro/index.htm> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BBSR (BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG) (2012): Trends der Siedlungsflächenentwicklung. Status Quo und Projektion 2030. BBSR-Analysen Kompakt 09/2012. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). URL: http://www.cc-landstrad.de/fileadmin/dam_uploads/Eigene_Dateien/Publikationen_DE/BBSR_Analysen_KOMPAKT_09-2012.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BERENDONK, C. (2011): Zwischenfrüchte für die Futternutzung. Münster: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. URL: <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/zwischenfruechte/zf-futternutzung.htm> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]

- BERGMANN, L. (2010): Biokohle soll die Landwirtschaft revolutionieren. Schwäbisches Tagblatt, 25.10.2010.
URL: http://www.tagblatt.de/Home/nachrichten/tuebingen_artikel,-Biokohle-soll-die-Landwirtschaft-revolutionieren-_arid,112722.html [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BESECKE, A.; HÄNSCH, R.; PINETZKI, M. (Hrsg.) (2005): Das Flächensparbuch. Diskussion zu Flächenverbrauch und lokalem Bodenbewusstsein. ISR Diskussionsbeiträge, Heft 56. Berlin: Institut für Stadt- und Regionalplanung, Technische Universität.
- BESTE, A.; BOEDDINGHAUS, R. (2011): Artenvielfalt statt Sojawahn. Der Eiweissmangel in der EU: wie lässt sich das seit langem bestehende Problem lösen? Eine Studie im Auftrag von Martin Häusling, MdEP.
URL: http://martin-haeusling.eu/images/attachments/Proteinbroschuere_Haeusling_05sep11_klein.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
oder URL: http://www.gesunde-erde.net/pdf-dateien/BroschuereArtenvielfalt_MartinHaeuslingMdEP.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2004a): Biosphärenreservate Stand 2001. Bonn: BfN.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2004b): Nationalparke Stand 2004. Bonn: BfN.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2004c): Naturschutzgebiete Stand 2003. Bonn: BfN.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2006a): FFH-Gebiete Stand 2005. Bonn: BfN.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2006b): Landschaftsschutzgebiete 2003. Bonn: BfN.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2006c): Naturparke Stand 2004. Bonn: BfN.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2006d): Vogelschutzgebiete Stand 2005. Bonn: BfN.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2010a): Bioenergie und Naturschutz. Synergien fördern, Risiken vermeiden. Positionspapier.
http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/bfn_position_bioenergie_naturschutz.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2010b): Artenvielfalt und Landschaftsqualität. S. 11-16. In : Indikatorenbericht 2010 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt - Indikator Agrarland.
URL: http://www.biologischesvielfalt.de/teilind_artenvielfalt.html [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
Gesamter Bericht unter URL:
http://www.biologischesvielfalt.de/fileadmin/NBS/indikatoren/Indikatorenbericht_2010_NB_S_Web.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2011): Tagungsdokumentation 2011. Biokohle und Terra Preta – Betrachtungen aus Sicht des Naturschutzes.
URL: <http://www.bfn.de/12370.html> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2012): Energieholzanzbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt. Anbauanforderungen und Empfehlungen des BfN. Aktualisierte Fassung. Leipzig: BfN
URL:
http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/bfn_energieholzanzbau_landwirtschaftliche_flaechen.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BGK (BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST) (2006): Organische Düngung. Grundlagen der guten fachlichen Praxis. Reihe Kompost für die Landwirtschaft. Köln: Bundesgütegemeinschaft Kompost. URL:
http://www.kompost.de/fileadmin/docs/shop/Anwendungsempfehlungen/Organische_Duengung_Auflage3.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]

- BGR (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE) (2003): GÜK 200 (Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:200 000). Hannover.
- BGR (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE) (2010): BÜK 1000 (Bodenübersichtskarte von Deutschland 1:1 000 000). Hannover.
- BIOGASRAT (2011): Biogas und Landwirtschaft. Berlin: Biogasrat.
URL: http://www.arcanum-energy.de/fileadmin/templates/PDF/Studie_Biogasrat_e.V_Biogas_und_Landwirtschaft.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BIOLAND (2009): Im Blickpunkt: Klimaschutz und Biolandbau in Deutschland. Die Rolle der Landwirtschaft bei der Treibhausgasminderung. Biolandbau als Lösungsstrategie für klimaschonende Lebensmittelerzeugung. Mainz: Bioland – Bundesverband.
URL: http://www.zsl.de/fileadmin/landwirtschaft/file/zsl_dokumente/Bioland_Klimapapier_Langfassung-3.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BKG (BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE) (2008): Basis-DLM (Digitales Basis-Landschaftsmodell) 1:25 000. Frankfurt am Main.
- BLANCO-FONSECA, M.; BURRELL, A.; GAY, S.H.; HENSELER, M.; KAVALLARI, A.; M'BAREK, R.; PÉREZ DOMÍNGUEZ, I.; TONINI, A. (2010): Impacts of the EU biofuel target on agricultural markets and land use: a comparative modelling assessment. JRC Reference Reports. Brüssel: Joint Research Centre of the European Commission, Institute for Prospective Technological Studies.
URL: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC58484.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2007): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2007. Bonn: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
URL: <http://www.bmelv-statistik.de/de/service/publikationen-und-archive/archiv-agrarberichte-der-bundesregierung/agrarbericht-2007/> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2011b): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz – Daten und Fakten zur Biomasse – die Novelle 2012. Berlin: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
URL: http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/EEG-Novelle.pdf;jsessionid=85A48A52B388DB47287DA16BC754F7CA.2_cid288?_blob=publicationFile [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2011c): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2011. Tabelle 38: Vergleichsdaten zum ökologischen Landbau. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
URL: <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-3011500-2010.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2012a): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2012. Tabelle 98: Anbau, Ertrag und Ernte der Feldfrüchte. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
URL: <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-3072200-0000.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2012b): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2012. Tabelle 2: Landwirtschaft und Ernährung. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
URL: <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-1000200-0000.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]

- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2013a): Klimawandel und Klimaschutz im Agrarbereich. Minderungsmöglichkeiten von Treibhausgasemissionen. Tierhaltung. CH₄(Methan)-Emissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer. Berlin: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. URL: <http://www.klimawandel-und-klimaschutz.de/minderung-mitigation/minderungsmoeglichkeiten/#c652> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2013b): Ökologischer Landbau in Deutschland. Berlin: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. URL: http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Oekolandbau/OekologischerLandbauDeutschland.html;jsessionid=A201D9705E390E534DA968AE090D124E.2_cid230 [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. 3. Auflage. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. URL: http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2009): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland: Leitszenario 2009. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. URL: http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitszenario2009_bf.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2010): Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. URL: http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nationaler_aktionsplan_ee.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BÖHM, C.; QUINKENSTEIN, A.; FREESE, D. (2012): Vergleichende Betrachtung des Agrarholz- und Energiemaisanbaus aus Sicht des Bodenschutzes. Bodenschutz 2/2012: 36–43.
- BORZT, J.; DÖRING, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 4. überarb. Auflage. Berlin, Heidelberg, Wiesbaden: Springer.
- BRABAND, D.; GEIER, U.; KÖPKE, U. (2003): Bio-resource evaluation within agri-environmental assessment tools in different European countries. Agriculture, Ecosystems and Environment 98: 423–434.
- BRANDL, D. (2009): Den Wirtschaftsdünger richtig lagern. BauernZeitung.at. Die Online-Plattform für den ländlichen Raum, 06.04.2009. URL: <http://www.bauernzeitung.at/?id=2500%2C47317%2C2163%2C%2CeF9QSUNUX05SWzBdPTAmaW5saW5lPTEmbnBmX3NldF9wb3NbaGl0c109JTl1bnBmX3NldF9wb3MlMjU%3D> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BRINGEZU, S.; O'BRIEN, M.; SCHÜTZ, H. (2012): Beyond Biofuels: Assessing global land use for domestic consumption of biomass. A conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources. Land Use Policy 29 (1): 224–232. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837711000640#> [Letzter Zugriff: 14.08.2014]

- BRODBECK, F.; NAHM, M. (2011): Techniken für die Ernte von Kurzumtriebsplantagen. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Waldnutzung.
URL: http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/pdf/b/Brodbeck%20u.%20Nahm%20-%20%20Erntetechnik%20f%C3%BCr%20Kurzumtriebsholz.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BRUSCHKE-REIMER, A. (2012): Pelletdesign vom Acker. Erneuerbare Energien, März 2012: 73-76.
URL: http://www.mixbiopells.eu/fileadmin/user_upload/WP6/Articles/Germany/EE-03-2012_-_Pelletdesign_vom_Acker.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BUND (BUND FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DEUTSCHLAND E.V.) (2010): Kurzumtriebsplantagen für die Energieholzgewinnung – Chancen und Risiken. BUNDpositionen 55. Berlin: BUND.
URL: http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/landwirtschaft/20100714_landwirtschaft_bund_position_55_KUP.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BUNDESREGIERUNG (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Fortschrittsbericht 2012.
URL: http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Publikation/Bestellservice/2012-05-08-fortschrittsbericht-2012.pdf?__blob=publicationFile [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BURGER, F. (2004): Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 35. Potsdam-Bornim: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
- BURGER, F.J. (2010): Bewirtschaftung und Ökobilanzierung von Kurzumtriebsplantagen. Dissertation. München: Technische Universität München.
- BURGER, F.; SOMMER, W. (2003): Einmal pflanzen, mehrfach ernten. Von der Pappel bis zum Hackschnitzel. Moderne Erntetechnik für Energiewälder. LWFaktuell 39/2003: 4-6.
- BURGER, F.; SOMMER, W.; OHRNER, G. (2005): Anbau von Energiewäldern. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. LWF Merkblatt 19.
URL: http://www.lwf.bayern.de/publikationen/daten/merkblatt/p_33128.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- BUTTERBACH-BAHL, K.; LEIBLE, L.; KÄLBER, S.; KAPPLER, G.; KIESE, R. (2010): Treibhausgasbilanz nachwachsender Rohstoffe – eine wissenschaftliche Kurzdarstellung. KIT SCIENTIFIC REPORTS 7556. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
URL: <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2010/buua10a.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- C.A.R.M.E.N. E.V. (CENTRALES AGRAR- ROHSTOFF- MARKETING- UND ENERGIE-NETZWERK) (2013): Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln - der Energieholz-Index.
URL: <http://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/hackschnitzel> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- CHENG, C.H.; LEHMANN, J.; ENGELHARD, M.H. (2008): Natural oxidation of black carbon in soils: changes in molecular form and surface charge along a climosequence. In: Geochimica et Cosmochimica Acta, 72(6): 1598-1610.
URL: http://ac.els-cdn.com/S0016703708000306/1-s2.0-S0016703708000306-main.pdf?_tid=254ddc16-6965-11e3-a381-00000aacb361&acdnat=1387537069_ffc8fcf77d710f6c237a707d54f9b342 [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- CRUTZEN, P.J.; MOSIER, A.R.; SMITH, K.A.; WINNIWARTER, W. (2008): N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Atmos. Chem. Phys. 8: 389-395.

- URL: <http://www.atmos-chem-phys.net/8/389/2008/acp-8-389-2008.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- CYPRIS, C. (2000): Positive mathematische Programmierung (PMP) im Agrarsektormodell RAUMIS. Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V. Bd. 313, zugl. Dissertation. Bonn: Universität Bonn.
- DÄMMGEN, U. (Hrsg.) (2007): Berechnungen der Emissionen aus der Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2007 für 2005. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 304A. Braunschweig: Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.
URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/zi042171.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- DBFZ (DEUTSCHES BIOMASSE FORSCHUNGSZENTRUM) (2011): Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland – Bewertung der Wirkungen des EEG. Endbericht. Leipzig: Deutsches BiomasseForschungsZentrum.
URL: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22003410.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- DBU (DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT) (2010): Kurzumtriebsplantagen - Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft, Ergebnisse aus dem Projekt Novalis. Osnabrück: Steinbacher Druck.
URL: <http://www.dbu.de/phpTemplates/publikationen/pdf/120410114219pelp.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DELINAT-INSTITUT FÜR ÖKOLOGIE UND KLIMAFARMING (2011): Biokohle als organischem Bodenverbesserungsmittel. Arbaz: Delinat-Institut für Ökologie und Klimafarming.
URL: <http://www.dc.delinat-institut.org/doc/deutsch/biokohle-als-bodenverbesserer-qfr-v3.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT) (verschiedene Jahrgänge): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Bodennutzung der Betriebe. Fachserie 3 Reihe 3.1.2. Wiesbaden.
- DIESTEL, M. (2011): Hydrothermale Carbonisierung und Landwirtschaft am Beispiel der Artec GmbH. Vortrag auf der Informationsveranstaltung: Hydrothermale Carbonisierung – Chancen für die Landwirtschaft? am 27.01.2011, Berlin.
URL: http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/images/veranstaltungen/htc2011/diestel_htc.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DLG (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT E.V.) (2012): DLG-Standard zur Kalkulation einer Kurzumtriebsanlage. DLG-Merkblatt 372, 1. Aufl., Stand 06/2012. Frankfurt am Main: DLG e.V., Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft.
URL: http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_372.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DÖHLER, H.; DÄMMGEN, U.; EURICH-MENDEN, B.; OSTERBURG, B.; LÜTTICH, M.; BERG, W.; BERGSCHMIDT, A.; BRUNSCH, R. (2001): Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung an internationale Richtlinien sowie Erfassung und Prognose der Ammoniak-Emissionen der deutschen Landwirtschaft und Szenarien zu deren Minderung bis zum Jahre 2010. Abschlussbericht. Braunschweig, Darmstadt, Potsdam-Bornim: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Institut für Agrartechnik Bornim (ATB).
URL: <http://download.ble.de/99HS022.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DÖHLER, H.; DÄMMGEN, U.; EURICH-MENDEN, B.; OSTERBURG, B.; LÜTTICH, M.; BERG, W.; BERGSCHMIDT, A.; BRUNSCH, R. (2002): BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. Texte 05/02. Berlin: Umweltbundesamt.
URL:

- <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2071.pdf>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- DÖHLER, H.; VANDRÉ, R.; HORLACHER, D. (2011a): Ammoniakverluste bei der Wirtschaftsdüngerausbringung und Wege zu deren Reduzierung. Vortrag auf der 20. Thüringer Düngungs- und Pflanzenschutztagung am 23.11.2011, Pfiffelbach.
URL: <http://www.tll.de/ainfo/pdf/dunps/dp051111.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DÖHLER, H.; VANDRÉ, R.; WULF, S.; EURICH-MENDEN, B. (2011b): Abdeckung von Güllelagerbehältern - Stand der Technik. S. 45 – 48. In: Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2011. Raumberg-Gumpenstein: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft.
URL: http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index.php?option=com_docman&Itemid=100139&task=doc_download&gid=4417 [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DON, A.; SCHOLTEN, T.; SCHULZE, E.-D. (2009): Conversion of cropland into grassland: Implications for soil organic carbon stocks in two soils with different texture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172: 53–62.
doi: 10.1002/jpln.200700158
- DRL (DEUTSCHER RAT FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE) (2006): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. Gutachtliche Stellungnahme und Ergebnisse des gleichnamigen Symposiums vom 19./20. Oktober 2005 in Berlin. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landschaftspflege 79. Berlin: Deutscher Rat für Landschaftspflege.
URL: http://www.landschaftspflege.de/schriften/DRL_SR79.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DRÖSLER, M.; AUGUSTIN, J.; BERGMANN, L.; FÖRSTER, C.; FUCHS, D.; HERMANN, J.M.; KANTELHARDT, J.; KAPFER, A.; KRÜGER, G.; SCHALLER, L.; SOMMER, M.; SCHWEIGER, M.; STEFFENHAGEN, P.; TIEMEYER, B.; WEHRHAN, M. (2012): Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und dessen monetäre Bewertung. BfN-Skripten 328. Bonn: Bundesamtes für Naturschutz.
URL: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript328.pdf> [Letzter Zugriff: 14.08.2014]
- DRÖSLER, M.; ADELMANN, W.; AUGUSTIN, J.; BERGMANN, L.; BEYER, C.; CHOJNICKI, B.; FÖRSTER, C.; FREIBAUER, A.; GIEBELS, M.; GÖRLITZ, S.; HÖPER, H.; KANTELHARDT, J.; LIEBERSBACH, H.; HAHN-SCHÖFL, M.; MINKE, M.; PETSCHOW, U.; PFADENHAUER, J.; SCHALLER, L.; SCHÄGNER, P.; SOMMER, M.; THUILLE, A.; WEHRHAN, M. (2013): Klimaschutz durch Moorschutz. Schlussbericht des BMBF-Vorhabens: Klimaschutz - Moornutzungsstrategien 2006-2010. Endfassung vom 31. Januar 2013.
URL: <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb13/735500762.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DRÖSLER, M.; FREIBAUER, A.; ADELMANN, W.; AUGUSTIN, J.; BERGMANN, 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, P.; SOMMER, M.; THUILLE, A.; WEHRHAN, M. (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis. Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz – Moornutzungsstrategien“ 2006-2010. Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung 04/2011.
URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/bitv/dn049337.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DVL (DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE E.V.) (2008): Best Practice - Erfolgsmodelle der energetischen Nutzung von Biomasse aus der Landschaftspflege. Ansbach: DLV.
URL: http://www.lpv.de/uploads/tx_ttproducts/datasheet/best_practice.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]

- DWD (DEUTSCHER WETTERDIENST) (2012): 1 x 1 km Raster mit Niederschlags- und Temperaturdaten auf Tagesbasis – Interpolation auf Basis des meteorologischen Messnetzes.
- DZIEWIATY, K.; BERNARDY, P. (2007): Auswirkungen zunehmender Biomassenutzung (EEG) auf die Artenvielfalt - Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Schutz der Vögel der Agrarlandschaft. Endbericht. Seedorf: dziewiaty + bernardy.
URL: http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endbericht_biomasse_vogelschutz.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- DZIEWIATY, K.; BERNARDY, P. (2010): Leitfaden. Bioenergie und Naturschutz. Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe. Hitzacker: Biosphärenreservatsverwaltung MittelElbe.
URL: [http://www.bioenergie-region-we.de/fileadmin/downloads/Leitfaden_Bioenergie_und_Naturschutz BR Nds Elbtalau.pdf](http://www.bioenergie-region-we.de/fileadmin/downloads/Leitfaden_Bioenergie_und_Naturschutz_BR_Nds_Elbtalau.pdf) [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- EEA (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY) (2005): CORINE land cover database (Version 08/2005). Kopenhagen.
- ESVG 1995 (EUROPÄISCHES SYSTEM VOLKSWIRTSCHAFTLICHER GESAMTRECHNUNG) (1995)
- EULENSTEIN, F.; MENNERICH, A. (2011): Wirkung und Folgen der Nutzung von Biomasse zur Biogasgewinnung auf Böden und Gewässer. S. 5 - 11. In: Wirkung und Folgen der Nutzung von Biomasse zur Biogasgewinnung auf Böden und Gewässer. 12. - 13. Oktober 2011 in Suderburg, Seminar Wasserwirtschaft, Boden. Hennef: DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.).
URL: http://www.nachwachsenderohstoffe.de/fileadmin/energiepflanzen/DWA/DWA_Suderburg_Eulenstein.pdf?frontend=637323384a872a83495111b27d5551b9 [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011a): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020. KOM(2011) 244.
URL: http://www.parlament.gv.at/PAKT/EU/XXIV/EU/05/23/EU_52339/imfname_10009173.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011b): 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.
URL: http://www.isip.de/coremedia/generator/Inhalt/Nachrichten/Deutschland/Brandenburg/Landwirtschaftliche_20Betriebsberatung/PDF/Berichte_20zum_20Downloaden/Bericht_20F_C3_B6rderung_20I_C3_A4ndlicher_20Entwicklung.property=Dokument.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2013): GAP-Reform – Erläuterung der wichtigsten Aspekte.
URL: [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-13-621_de.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-621_de.htm) [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- EUTECH ENERGIE & MANAGEMENT (2008): Biokraftstoffe und Klimaschutz. Hamburg: Greenpeace Deutschland.
URL: http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/klima/CBD/Studie_Biokraftstoffe_und_Klimaschutz.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]

- EVA-VERBUND (2009a): Mehrschnittiges Ackerfutter.
URL: <http://www.eva-verbund.de/themen/fruchtarten/ackerfutter.html> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- EVA-VERBUND (2009b): Endbericht zum Verbundprojekt „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die Landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ – Teilprojekt Ackerfuttermischungen: Eignung von Ackerfuttermischungen für die energetische Nutzung
URL: http://www.eva-verbund.de/uploads/media/lwk_nds_af.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS) (2012): Impacts of Bioenergy on Food Security - Guidance for Assessment and Response at National and Project Levels. FAO Environment and Natural Resources Management Working Paper 52. Rom: FAO.
URL: <http://www.un-energy.org/sites/default/files/share/une/i2599e00.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FARGIONE, J.; HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; HAWTHORNE, P. (2008): Land clearing and the biofuel dept. Science 319: 1235-1238.
- FEGER, K.H.; PETZOLD, R.; SCHMIDT, P.A.; GLASER, T.; SCHROIFF, A.; DORING, N.; FELDWISCH, N.; FRIEDRICH, C.; PETERS, W.; SCHMELTER, H. (2009): Biomasse-Dauerkulturen – Natur- und Bodenschutz. Standortpotenziale, Standards und Gebietskulissen für eine natur- und bodenschutzgerechte Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung in Sachsen unter besonderer Berücksichtigung von Kurzumtriebsplantagen und ähnlichen Dauerkulturen. Dresden: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Freistaat Sachsen.
URL: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Verbundvorhaben-TP-Natur- und Bodenschutz-Abschlussbericht-01.09.11.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FICKERS, P. (2008): Durch Kompostierung den Stallmist in seinem Wert verbessern. Koordinationsstelle Grünes Land Eifel-Ardenne (GLEA).
URL: <http://www.glea.net/doc/DurchKompostierungdenStallmistinseinemWertverbessernpdf.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FISCHER, H.W. (2011): Kurzumtriebsplantagen in Rheinland-Pfalz. Trippstadt: Zentralstelle der Forstverwaltung, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF).
URL: http://www.bioenergie-portal.info/fileadmin/bioenergie-beratung/rheinland-pfalz-saarland/dateien/Fischer_KUP_RLP_Praxistag.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FLESSA, H. (2010): Klimaschutz und Landwirtschaft. Wo besteht Handlungsbedarf, wo gibt es Handlungsansätze? Vortrag auf der Tagung „Klimaschutz und Landwirtschaft“ 13. Oktober 2010, Bonn.
URL: http://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/05_Service/Veranstaltungen/2010/LW_Klima/01_LW_Klima_Flessa.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- 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. Sonderheft 361. Braunschweig-Völkenrode: Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI).
URL: http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/vTI/Publikationen/Thuenen%20Report/lbf_sh361.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]

- FLYNN, H.; SMITH, P.; BINDI, M.; TROMBI, G.; OUDENDAG, D.; ROUSSEVA, S. (2007): Mitigation practices analysis. Policy Incentives for Climate Change Mitigation Agricultural Techniques (PICCMAT).
URL: <http://climatechangeintelligence.baastel.be/piccmat/spaw/uploads/files/Manure%20management.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2010a): 2. Symposium Energiepflanzen 2009. 17./18. November 2009, Berlin. Gülzower Fachgespräche, Bd. 34. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.
URL: <http://edok.ahb.niedersachsen.de/07/623590514.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2010b): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, EVA I“. 3. veränderte und erweiterte Auflage. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.
URL: <http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/eva-standortangepasste-anbausysteme-info.pdf> [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2013): Basisdaten Bioenergie Deutschland. URL: http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/b/a/basisdaten_9x16_2013_web_neu2.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2014): Jahresbericht Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. 2012/2013
http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/j/a/jahresbericht_2012-13_web.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FREIBAUER, A. (2009): Klimawirksamkeit von Naturschutzmaßnahmen. Vortrag auf der Fachtagung „Klimaschutz und Kompensationsmaßnahmen“, 24.09.2009, Bremen.
URL: http://www.verband-flaechenagenturen.de/app/download/5794577388/Freibauer_Klimawirksamkeit.pdf (<http://www.verband-flaechenagenturen.de/fachtagung/archiv/tagung-2009-downloadseite/>) [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FREIBAUER, A.; DRÖSLER, M.; GENSIO, A.; SCHULZE, E.-D. (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. Natur und Landschaft 84, Heft 1: 20-25
- FRELH-LARSEN, A.; LEIPPRAND, A.; NAUMANN, S.; BEUCHER, O. (2008): Climate change mitigation through agricultural techniques - Policy recommendations. Beitrag im Rahmen des EC-geförderten Projekts "PICCMAT - Policy Incentives for Climate Change Mitigation Agricultural Techniques". Deliverable D11.
URL: http://climatechangeintelligence.baastel.be/piccmat/files/PICCMAT_policy_recommendations_final_revised_181108.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- FRITSCH, U.; ELBERSEN, B.; HENNENBERG, K.; HÜNECKE, K.; WIEGMANN, K. (2012): Sustainable Bioenergy: Summary Report on Main Outcomes for Policy Makers. Final D4.4 Delivery of the Biomass Futures project funded by Intelligent Energy Europe. Darmstadt: Öko-Institut e. V.
URL: http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP4/D4.4%20Sustainable%20Bioenergy%20-%20summary.pdf [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- FRITSCH, U.; HENNENBERG, K.; HÜNECKE, K. (2010): Sustainability Standards for internationally traded Biomass: The "iLUC Factor" as a Means to Hedge Risks of GHG Emissions from Indirect Land Use Change. Working Paper. Darmstadt: Öko-Institut e. V.
URL: <http://www.oeko.de/oekodoc/1030/2010-082-en.pdf> [Letzter Zugriff: 07.01.2014]

- GANZERT, C.; KRÄMER, C.; KANTELHARDT, J.; FEINDT, PETER H.; SCHULER, J.; WEILAND, S.; HEIßENHUBER, A. (2008): Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesamtes für Naturschutz „Integration von Naturschutz in die Reformen der EU-Agrarmarktordnungen“. Endbericht. BfN-Skript 198. Bonn: Bundesamtes für Naturschutz.
URL: http://pur.wzw.tum.de/forschung/gutachten/2007_ganzert_et_al_integration_naturschutz_in_EU-Agrarmarktordnungen_bfn_skript_198.pdf [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- GATTINGER, A. (2010): Minderung von CO₂-Emissionen durch ackerbauliche Maßnahmen. Frick (CH): Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
URL: http://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/05_Service/Veranstaltungen/2010/LW_Klima/02_LW_Klima_Gattinger.pdf [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- GELBRECHT, J.; ZAK, D.; ROSSOLL, T. (2006): Saisonale Nährstoffdynamik und Phosphorrückhalt in wiedervernässten Mooren des Peenetales (Mecklenburg-Vorpommern). Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 45(1): 3-21.
- GERBER, H. (2009): Biomassepyrolyse mit PYREG-Reaktor. Ithaka Journal für Ökologie, Weinbau und Klimafarming.
URL: <http://www.ithaka-journal.net/pyrolysereaktor> [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- GERMANN GMBH (2009): Medien. Aktuelles aus der Presse. Aktuelle Presseberichte zum Thema Miscanthus.
URL: <http://www.germanngmbh.de/Mainset/Aktuelles/Miscanthus/miscanthus.html> [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- GLASER, B. (2010): Nutzungsmöglichkeiten von Biokohle im Verbandsgebiet des ZAH. Fachvortrag am 10. November 2010, Hildesheim.
URL: <http://www.zah-hildesheim.de/pdfs/zaheinladungbiokohleinternet2.pdf> [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. (2001): The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften 88: 37-41.
- GÖBEL, B.; GROß, U.; SEDLMEIER, J. (2009): Ernterückstände - Herausforderung für Technik und Boden. Einladung zum 6. Triesdorfer Tag der Konservierenden Bodenbearbeitung am 24.07.2009. Triesdorf: Fachhochschule Weihenstephan, Fachbereich Landwirtschaft.
URL: <http://www.gkb-ev.de/rueckblick/2009/feldtag-triesdorf-09-07-24.pdf> [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- GOCHT, A.; RÖDER, N. (2011): Salvage the treasure of geographic information in farm census data. Vortrag im Rahmen des EAAE 2011 Congress "Change and Uncertainty, Challenges for Agriculture, Food and Natural Resources", August 30-September 2, 2011, Zurich, Switzerland. URL: http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dn049135.pdf [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- GÖDEKE, K.; HOCHBERG, H. (2009): Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen zur thermischen Verwertung. S. 174. In: JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (VTI) (Hrsg.): Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft. Tagungsband 15./16.Juni 2009. Braunschweig: vTI.
URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/zi044100.pdf [Letzter Zugriff: 07.01.2014]
- GÖMANN, H.; KREINS, P.; BREUER, T. (2007): Deutschland – Energie-Corn-Belt Europas? Agrarwirtschaft 55 (5/6): 263-271.
- GÖMANN, H.; KREINS, P.; MÜNCH, J.; DELZEIT, R. (2011): Auswirkungen der Novellierung des Erneuerbare-Energie-Gesetzes auf die Landwirtschaft in Deutschland. S. 189-201. In:

- Möglichkeiten und Grenzen der wissenschaftlichen Politikanalyse. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e. V., Band 46. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
URL: http://www.gewisola.de/files/Schriften_der_GEWISOLA_Bd_46_2011.pdf [Letzter Zugriff: 08.01.2014]
- GRAJEWSKI, R. (Hrsg.) (2011): Ländliche Entwicklungspolitik ab 2014: Eine Bewertung der Verordnungsvorschläge der Europäischen Kommission vom Oktober 2011. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 8/2011. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI).
http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/LR/lr_de/lr_de_Downloads/lr_de_Startseite/AB_08_11_Grajewski_et_al%202011_Laendliche_Entwicklung.pdf [Letzter Zugriff: 08.01.2014]
- GROSSMANN, M.; DIETRICH, O. (2012): Social benefits and abatement costs of Greenhouse Gas emission reductions from restoring drained fen wetlands: a case study from the Elbe river Basin (Germany). Irrigation and Drainage 61: 691-704.
URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.1669/pdf> [Letzter Zugriff: 08.01.2014]
- HÄDER, M. (2000): Die Expertenauswahl bei Delphi-Befragungen. ZUMA How-to-Reihe Nr. 5. Mannheim: Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen (ZUMA).
URL: http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/howto/how-to5mh.pdf [Letzter Zugriff: 08.01.2014]
- HÄDER, M. (2002): Delphi-Befragungen - ein Arbeitsbuch. Berlin: Springer.
- HÄDER, M.; HÄDER, S. (2000): Die Delphi-Technik in den Sozialwissenschaften. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- HENLE, K.; ALARD, D.; CLITHEROW, J.; COBB, P.; FIRBANK, L.; KULL, T.; MCCracken, D.; MORITZ, R.F.A.; NIEMELÄ, J.; REBANE, M.; WASCHER, D.; WATT, A.; YOUNG, J. (2008): Identifying and Managing the Conflicts Between Agriculture and Biodiversity Conservation in Europe—A Review. Agriculture, Ecosystems and Environment 124(1-2): 60–71.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880907002319> [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- HENSELER, M.; DECHOW, R. (2014): Simulation of regional nitrous oxide emissions from German agricultural mineral soils: a linkage between an agro-economic model and an empirical emission model. Agricultural Systems 124(2014): 70-82.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2013.10.005>
- HENSELER, M.; GOETZKE, R.; ERMISCH, N.; GOTTSCHALK, P.; LASCH-BORN, P.; DECHOW, R.; KREINS, P.; GÖMANN, H.; GUTSCH, M. (2013): Dokumentation zur Definition und Implementierung von Modellschnittstellen zwischen interagierenden Modellen in CC-LandStraD. Integrierter Report zum Modellverbund CC-LandStraD.
- HESSE, M.; SCHICKL, P.; LEHR, T. (2009): Die Delphi-Methode in der Regionalentwicklung – Anwendungsbeispiele zur Erarbeitung von regionalpolitischen Maßnahmen zur Förderung der Dienstleistungswirtschaft im Erzgebirge. Arbeitspapier 41. Leipzig: Universität Leipzig, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Institut für Öffentliche Finanzen und Public Management, Finanzwissenschaft.
URL: http://www.uni-leipzig.de/~iffwww/fiwi/Forschung/arbeitspapiere/41_Delphimethode.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- HIRSCHFELD, J.; WEIß, J.; PREIDL, M.; KORBUN, T. (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW 186/08. Neugestaltete Ausgabe 2009. Berlin: Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung.

- URL: http://www.ioew.de/uploads/tx_ukioewdb/IOEW-SR_186_Klimawirkungen_Landwirtschaft_02.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- HOISL, R.; NOHL, W.; ENGELHARDT, P. (2000): Naturbezogene Erholung und Landschaftsbild. KTBL-Schrift 389. Münster-Hiltrup: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft.
- HOLWEG, C. (2011): Gefährdungspotenzial von Biokohle aus Landschaftspflegematerial (Gras) hinsichtlich einer Verwendung zur Bodenverbesserung.
URL: http://carola-holweg.de/tl_files/carola_holweg/images/aktuelle_projekte/2011%20Studie%20Gefaehrdungspotenzial%20Biokohlen.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014].
- HOLWEG, C.; SCHILL, F. (2010): Machbarkeitsstudie zum Einsatz einer innovativen Technologie zur Bioenergieerzeugung mittels Pyrolyse mit niedrigen Staubemissionen und hohem CO₂-Reduktionspotential. Abschlussbericht zur Studie Biomasse-Pyrolyse (Mai-Okt. 2010).
URL: https://www.badenova.de/mediapool/media/dokumente/unternehmensbereiche_1/stab_1/innovationsfonds/abschlussberichte/2010_6/2010-12_Biomasse-Pyrolyse_Abschluss.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- HOWITT, R.E. (1995): Positive Mathematical Programming. American Journal of Agricultural Economics 77(2): 329-342.
- IBK (INTERNATIONALE BODENSEEKONFERENZ) (2008): Emissionsmindernde Gülleausbringung - Antrag an die Regierungen. IBK Positionspapier. Lindau (Bodensee), 20.8.2008, Internationale Bodenseekonferenz, Arbeitsgruppe Landwirtschaft/Umweltschutz der Kommission Umwelt.
URL: <http://www.bodenseekonferenz.org/bausteine.net/file/showfile.aspx?downldaid=9056&gui> [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application.
URL: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- ISI (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR SYSTEMTECHNIK UND INNOVATIONSFORSCHUNG) (1998): Delphi '98 Befragung zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Karlsruhe: Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung.
URL: <http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn:nbn:de:0011-px-45392-20.pdf> [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- ITADA (INSTITUT TRANSFRONTALIER D'APPLICATION ET DE DÉVELOPPEMENT AGRONOMIQUE) (2009): Tagungsband ITADA-Forum - Haben Brennstoffe aus der Landwirtschaft eine Zukunft am Oberrhein? Markgräfler Kräuterhof - Müllheim-Hügelheim (D), 08. April 2009.
URL: <http://www.itada.org/download.asp?id=Tagungsband-Agrobrennstoffe-D-Internet.pdf> [Letzter Zugriff: 2013-11-12]
- IZES (INSTITUT FÜR ZUKUNFTSENERGIESYSTEME) (2007): Bioenergie. Eine Chance für Kommunen und Regionen. Beispiele und Strategien für eine kommunale und regionale Bioenergienutzung. Radolfzell, Saarbrücken: Deutsche Umwelthilfe, IZES.
URL: http://www.izes.de/cms/upload/pdf/Bioenergie_Broschuere.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]

- JÄKEL, K.; MAU, S. (1999): Umweltwirkung von Biogasgülle. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt. Dresden: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.
URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/15244/documents/18424> [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- JERING, A.; KLATT, A.; SEVEN, J.; EHLERS, K.; GÜNTHER, J.; OSTERMEIER, A.; MÖNCH, L. (2013): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
URL: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale_landflaechen_biomasse_bf_klein.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- JORDAN, M. (2010): Die Innovation und die Kraft der Biokohle. Land der Erfinder – Das Schweizer Magazin für Innovationen.
URL: <http://www.land-der-erfinder.ch/?tag=delinat-institut> [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- KAMMANN, C. (2011): Chancen und Risiken von Pflanzenkohle. Ithaka Journal für Ökologie, Weinbau und Klimafarming 1: 98–105.
URL: <http://www.ithaka-journal.net/chancen-und-risiken-von-pflanzenkohle> [Letzter Zugriff: 16.01.2014] oder
URL: <http://www.ithaka-journal.net/druckversionen/182011-pflanzenkohle-chancen-%20risiken.pdf> [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- KAMMANN, C.; RATERING, S.; ECKHARD, C.; MÜLLER, C. (2012): Biochar and hydrochar effects on greenhouse gas (carbon dioxide, nitrous oxide, and methane) fluxes from soils. Journal of Environmental Quality 41(4): 1052-1066.
doi 10.2134/jeq2011.0132
- KAPHENGST, T.; SCHLEGEL, S.; UMPFENBACH, K. (2009): Die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV): Eine kurze Einführung für AnlagenbetreiberInnen. Berlin: Ecologic-Institut.
URL: <http://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2010/1845-BioStNachV.pdf> [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- KBU (KOMMISSION BODENSCHUTZ DES UMWELTBUNDESAMTES) (2009): Flächenverbrauch einschränken – jetzt handeln. Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau: Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes.
URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/e6e82d01.pdf> [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- KERN, J.; HELLE, H.J. (2009): Klimateffizienter Anbau von Energiepflanzen. Forschungsreport 1/2009: 8-11.
URL: http://www.bmelv-forschung.de/fileadmin/dam_uploads/ForschungsReport/FoRep2009-1/Klimateffizienter%20Anbau%20von%20Energiepflanzen.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- KINKEL, S.; ARMBRUSTER, H.; SCHIRRMEISTER, E. (2006): Szenario-Delphi oder Delphi-Szenario? Erfahrungen aus zwei Vorausschaustudien mit der Kombination dieser Methoden. S. 109-137. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. Paderborn: Westfalia.
- KOCH, W.A.S.; CZOGALLA, C. (2004): Grundlagen der Wirtschaftspolitik. 2. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- KÖNIG, H. J., SCHULER, J., SUARMA, U., MCNEILL, D., IMBERNON, J., DAMAYANTI, F., MORRIS, J. (2010). Assessing the impact of land use policy on urban-rural sustainability using the FoPIA approach in Yogyakarta, Indonesia. Sustainability, 2(7), 1991-2009.

- KOERBER, K. V.; KRETSCHMER, J.; PRINZ, S. (2008): Globale Ernährungsgewohnheiten und – trends. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten "Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung". München, Berlin: WBGU.
URL: http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2008/wbgu_jg2008_ex10.pdf [Letzter Zugriff: 13.08.2014]
- KÖRNER, C.; BUCHMANN, N.; BUGMANN, H.; DUELLI, P.; HILTBRUNNER, E.; MÜLLER-FERCH, G.; MÜLLER, J.P.; WILDI, O.; ZWEIFEL, R. (2007): Landökosysteme. S. 25-40. In: OcCC; PROCLIM (Hrsg.): Klimaänderungen und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern: Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC), ProClim– Forum für Klima und Global Change.
URL: <http://proclimweb.scnat.ch/portal/ressources/401.pdf> [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
gesamter Bericht: URL: http://www.occc.ch/products/CH2050/PDF_D/CH2050.pdf [Letzter Zugriff: 23.01.2014]
- KOWATSCH, A.; SCHÄFER, A.; WICHTMANN, W. (2008): Nutzungsmöglichkeiten auf Niedermoorstandorten. Umweltwirkungen, Klimarelevanz und Wirtschaftlichkeit sowie Anwendbarkeit und Potenziale in Mecklenburg-Vorpommern. Endbericht. Greifswald: Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie; Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE).
URL: http://paludikultur.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/pub/moornutzung_endbericht.pdf [Letzter Zugriff: 2013-11-12]
- KRETSCHMER, B.; BOWYER, C.; BUCKWELL, A. (2012): EU Biofuel Use and Agricultural Commodity Prices: A Review of the Evidence Base. London: Institute for European Environmental Policy (IEEP).
URL: http://www.ieep.eu/assets/947/IEEP_Biofuels_and_food_prices_June_2012.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- KRETZSCHMAR, J.; OFFERMANN, R.; SEIDENBERGER, T. (2011): Ökologische und soziale Aspekte der Kraftstofferzeugung und -nutzung aus Biomasse. Endbericht des DBFZ im Rahmen des Verbundvorhabens „Sozial- und verhaltenswissenschaftliche Aspekte der Kraftstofferzeugung und -nutzung aus Biomasse“ mit der Forschungsgruppe Umweltpsychologie an der Universität des Saarlandes (FG-UPSY). Leipzig: Deutsches BiomasseForschungsZentrum.
URL: http://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Endberichte/inhaltlicher_Endbericht_FKZ03KB019B_komprimiert.pdf [Letzter Zugriff: 16.01.2014]
- KRUG, A.; BECKER, N. (2011): Biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft. Vortrag auf der Tagung „Naturschutz und Landwirtschaft“ am 25.11.2011, Dresden-Pillnitz.
URL: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/11-11-25-SaechsStift-LW-BioDiv-Krug.ppt.pdf> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- KTBL (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT) (2006): Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren: Methode zur Bewertung von Tierhaltungsanlagen hinsichtlich Umweltwirkungen und Tiergerechtigkeit. Darmstadt: KTBL.
- KTBL (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT) (2010): Jahresbericht 2010. Arbeitsschwerpunkt Energie. Darmstadt: KTBL.
URL: http://www.ktbl.de/fileadmin/PDFs/Jahresberichte/2010/09_Energie_2010.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G.; SCHWERDFEGER, G. (1995): Bodenkunde. 5.Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- LABO (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ) (2010): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme – Bericht der Umweltministerkonferenz zur Vorlage an die

- Konferenz der Chefin und der Chefs der Staats- und Senatskanzleien mit dem Chef des Bundeskanzleramtes. URL: https://www.labo-deutschland.de/documents/UMK-Bericht_98a.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LAL, R. (2004): Carbon emission from farm operations. Review article. Environment International 30: 981-990.
URL: http://cirit.osu.edu/clusterone/LASCANET/pdf%20files/Lal_3.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LAL, R. (2009): Laws of Sustainable Soil Management. Agronomy for Sustainable Development 29(1): 7–9.
doi: 10.1051/agro:2008060
URL: http://download.springer.com/static/pdf/505/art%253A10.1051%252Fagro%253A2008060.pdf?auth66=1390114932_399c1f9bbde2c3ebf7c1ed427130f2a0&ext=.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LAMERSDORF, N. (2008): Energieholzanbau aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes – zentrale Ergebnisse einer Studie. Vortrag auf einer Tagung des Naturschutzbundes Deutschland (NABU) am 12.11.2008, Berlin.
URL: http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/biomasse/vortrag_lamersdorf.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (1999): Bewertung der Umweltauswirkungen beim Einsatz von Biodiesel. Karlsruhe.
- LANDESREGIERUNG SCHLESWIG-HOLSTEIN (2008): Merkblatt: Ergänzende Kriterien zur Richtlinie zur Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse im ländlichen Raum durch das Land Schleswig-Holstein im Rahmen der Initiative „Biomasse und Energie des Landes Schleswig-Holstein“, Stand Juli 2008.
URL: http://www.umwelt-nek.de/wp-content/uploads/2012/07/Ergaenzende_Richtlinien_Biomasse_2008.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LANDESREGIERUNG SCHLESWIG-HOLSTEIN (2010): Merkblatt: Ergänzende Kriterien zur Richtlinie zur Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse im ländlichen Raum durch das Land Schleswig-Holstein im Rahmen der Initiative „Biomasse und Energie des Landes Schleswig-Holstein“ Stand Januar 2010.
URL: <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=4aa561e46fff16fb87d819d09c769842;print;index&doc=8170&typ=FL> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LANDWIRTSCHAFTLICHES WOCHENBLATT WESTFALEN-LIPPE (2011): Sonderdruck zum Thema „Organische Düngung“.
URL: http://www.vhe.de/fileadmin/vhe/pdfs/Publikationen/Sonderdrucke/LWB_SD_Humus_digital.pdf [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2011): Biogas im EEG 2012 – Aus für die Standardanlage? <http://www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/360,8bd13401-e9ff-0dfd-599274ead9ffb0dd~pdf.html> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (2012): Cross Compliance 2012 – Informationen über die Einhaltung der Anderweitigen Regelungen (Cross Compliance). Informationsbroschüre. Bonn: Landwirtschaftskammer NRW.
URL: http://www.netzwerk-agrarbuero.de/fileadmin/user_upload/pdf/Dokumentation/Cross_Compliance/cc-infobroschuere_2012.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]

- LEHMANN, J. (2009): Biological carbon sequestration must and can be win-win approaches. *Climatic Change* 97: 459-463.
URL: <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/ClimChange%2097,%20459-463,%202009%20Lehmann.pdf> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LEHMANN, P.; SCHLEYER, C.; WÜSTEMANN, H.; DRECHSLER, M.; HAGEDORN, K.; WÄTZOLD, F. (2005): Promoting the multifunctionality of agriculture, forestry, and rural areas - design and implementation of public policies in Germany. UFZ-Diskussionspapiere No. 12/2005.
URL: <http://econstor.eu/bitstream/10419/45185/1/489068529.pdf> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LEIBLE, L.; KÄLBER, S.; KAPPLER, G. (2010): Energie aus Biomasse – ein Einblick in systemanalytische Untersuchungen. Vortrag innerhalb der Blockvorlesung "Stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse", im Rahmen des Studienmodells 18 "Regenerative Energien" des KIT/Campus Nord an der FTU, 27.05.2010, Karlsruhe.
URL: <http://www.ikft.kit.edu/downloads/Vorlesung-Systemanalyse.pdf> [Letzter Zugriff: 04.11.2013]
- LEIBLE, L.; KÄLBER, S.; KAPPLER, G.; NIEKE, E.; FÜRNIß, B. (2009): CO₂-Minderungskosten verschiedener Biomassenutzungskonzepte. In: WIEMER, K.; KERN, M.: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung IV - stofflich – energetisch. Witzenhausen: Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie.
URL: <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2009/leua09a.pdf> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LINKE, B.; HEIERMANN, M.; LOOCK, R.; KESSLER, U. (2006): Schlussbericht zur wissenschaftlichen Begleitung des Projektes "Regenerative Energieerzeugung auf Landwirtschaftsbetrieben durch die effiziente Nutzung nachwachsender Rohstoffe und biogener Reststoffe in einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft für Biomasse". Potsdam: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
URL: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22002504.pdf> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LOCKOW, K.-W. (1994): Ertragstabeln für die Roterle (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalde: Landesforstanstalt.
siehe auch Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.) (2001): Hilfstabeln für den Forstbetrieb. Grafische Ertragstabelauszüge für das nordostdeutsche Tiefland. Eberswalde: Landesforstanstalt.
URL: <http://forst.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.4595.de/hilfstaf.pdf>, S. 61-67 [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- LTZ (LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG) (2008): Nachhaltige Kompostanwendung in der Landwirtschaft. Abschlussbericht April 2008. Nachfolgeprojekt des Verbund-Forschungsprojektes der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Laufzeit 2000 - 2002).
URL: http://www.kompost.de/fileadmin/docs/Archiv/Anwendung/ltz_Abschlussbericht---Nachhaltige-Kompostanwendung-in-der-Landwirtschaft_BGK.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- MÄDER, P.; FLIESSBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. (2002): Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296: 1694-1697.
- MEIWES, K.-J. (2010): Nährstoffe: Schiefelage im Waldboden? *Land und Forst* 30: 48-49.
URL: http://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Publikationen/2010/Meiwes_2010_LUF_30_10_Energieholz_2010-11-1.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- MELF MECKLENBURG-VORPOMMERN (MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND FISCHEREI MECKLENBURG-VORPOMMERN) (2006): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz. Schwerin: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.

- URL: http://www.dendrom.de/daten/downloads/boelcke_leitfaden%20energieholz.pdf
[Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- MENGEL, A.; REIß, A.; THÖMMES, A.; HAHNE, U.; KAMPEN, S. VON; KLEMENT, M. (2011): Steuerungspotenziale im Kontext naturschutzrelevanter Auswirkungen erneuerbarer Energien. Naturschutz und Biologische Vielfalt, BfN-Heft 97. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- MEYER, S.; GLASER, B.; QUICKER, P. (2011): Technical, economical, and climate-related aspects of biochar production technologies: A literature review. Environmental Science and Technology, 45(22): 9473–9483.
doi: 10.1021/es201792c
- MLUV MECKLENBURG-VORPOMMERN (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ MECKLENBURG-VORPOMMERN) (2009): Konzept zum Schutz und zur Nutzung von Mooren. Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandssicherung und zur Entwicklung der Moore in Mecklenburg-Vorpommern (Moorschutskonzept). Schwerin: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern.
URL: http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/moorschutskonzept_mv.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- MÖLLER, A. (2011): Potentiale und Risiken von Biokohle in Böden. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).
URL: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Projekte/Stoffeigenschaften-abgeschlossen/Biokohle_in_Boeden/Biokohle_in_Boeden.html?nn=1542206 [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- MÜHLENHOFF, J. (2013a): Reststoffe für Bioenergie nutzen. Renew's Spezial 64. Berlin: Agentur für Erneuerbare Energien e. V.
URL: http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/165.64_Renews_Spezial_Reststoffe_fuer_Bioenergie_nutzen_apr13.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- MÜHLENHOFF, J. (2013b): Anbau von Energiepflanzen. Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale. Renew's Spezial 65. Berlin: Agentur für Erneuerbare Energien e. V.
URL: http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/166.65_Renews_Spezial_Energiepflanzen_apr13.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- MÜLLER, G. (2009): Handlungsansätze und Lösungsvorschläge gegen den Grünlandverlust aus Sicht des BMELV. Grünlandgipfel des NABU Deutschland, 27.05.2009, Berlin.
URL: <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Reden/2009/05-27-MUE-NABU-Gruenlandkongress.html> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- MÜSKEN, A. (2008): Energieeinsparung bei der Kompostierung. Dr. Müsken + Partner, Beratende Ingenieure, Abfall – Bioenergie – Immissionen.
URL: http://www.kompost.de/uploads/media/Energieeinsparung_2_08_45.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E. V.) (2008): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. Berlin: Naturschutzbund Deutschland e. V.
URL: http://www.user.gwdg.de/~hschult1/gbi/nabu-studie_energieholz.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E. V.) (2010a): Grünlandumbruch - und kein Ende! NABU zeigt sich besorgt.
<http://niedersachsen.nabu.de/themen/landwirtschaft/gruenland/12386.html>, 27.5.2010.
[Letzter Zugriff: 11.10.2012].

- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E. V.) (2010b): Klimaschutz in der Landwirtschaft. Ziele und Anforderungen zur Senkung von Treibhausgasemissionen. Berlin: Naturschutzbund Deutschland e. V.
URL: http://ecologic.eu/download/projekte/2300-2350/2318/NABU_Klimaschutz_Landwirtschaft.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E. V.); DVL (DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE E.V.) (2009): Landwirtschaftliche Flächennutzung im Wandel – Folgen für Natur und Landschaft. Berlin: NABU & Deutscher Verband für Landschaftspflege. Berlin, Ansbach: NABU, DVL.
URL: <http://imperia.verbandsnetz.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/gruenland/gap-reform.pdf> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- NAHM, M. (2011): KUP: Erntetechnik - Transportlogistik – Lagerung. Vortrag im Rahmen der KUP-Tagung, 01.06.2011, Rottenburg.
URL: http://www.bioenergie-portal.info/fileadmin/bioenergie-beratung/baden-wuerttemberg/dateien/2011_Vortr%C3%A4ge_KUP_Rottenburg/Nahm_ErnteKUP_Rottenburg2011.pdf [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- NBBW (NACHHALTIGKEITSBEIRAT DER LANDESREGIERUNG BADEN-WÜRTTEMBERG) (2008): Energie aus Biomasse: Potenziale und Empfehlungen für Baden-Württemberg. Stuttgart: Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung Baden-Württemberg.
URL: <http://www.nachhaltigkeitsbeirat-bw.de/mainDaten/dokumente/bioenergiegutachten.pdf> [Letzter Zugriff: 17.01.2014]
- NEUBAUER, U. (2010): Den Kohlenstoff im Acker speichern. Verkohlte Bioabfälle als Kohlenstoffspeicher und Mittel zur Bodenverbesserung. Neue Zürcher Zeitung, 01.09.2010.
URL: http://www.tfc-engineering.li/fileadmin/images/umwelt/carbonisierung/NZZ_Kohlenstoff_im_Acker.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- NIGGLI, U.; SCHADER, C.; STOLZE, M. (2010): Organic Farming - An efficient and integrated system approach responding to pressing challenges. S. 17-20. In: KÖLLING, A. (ed.): Organic food and farming - A system approach to meet the sustainability challenge. Brüssel: International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) EU GROUP.
URL: http://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/page/files/ifoameu_policy_system_approach_dossier_2010.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- NIGGLI, U.; SCHMID, H.; FLIESSBACH, A. (2007): Organic farming and climate change. Study by Research Institute of Organic Agriculture. Geneva: ITC (International Trade Centre) UNCTAD/WTO, FiBL. URL: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1500-climate-change.pdf> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- NITSCH, H.; OSTERBURG, B. (2009): Grünland – Bestandsaufnahme und Handlungsoptionen: Erkenntnisse aus dem InVeKoS-Projekt. Vortrag auf der Tagung Naturschutz und Landwirtschaft im Dialog: Grünland im Umbruch. Tagung des BfN, 28.04.2009, Vilm.
URL: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/ina/vortraege/2009-Gruenland-Nitsch.pdf> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- NITSCH, H.; OSTERBURG, B.; LAGGNER, B.; ROGGENDORF, W. (2010): Wer schützt das Grünland? – Analysen Zur Dynamik des Dauergrünlands und entsprechender Schutzmechanismen. Beitrag zur 50. Jahrestagung der GEWISOLA „Möglichkeiten und Grenzen der wissenschaftlichen Politikanalyse“ 29.09.-01.10.2010, Braunschweig.
URL: http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/BW/bw_de/bw_de_gewisola2010/bw_de_beitraege/A3_3.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]

- OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT) (2008): Biofuel Support Policies: An Economic Assessment. OECD Publishing. Paris: OECD.
doi: 10.1787/9789264050112-en
- OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT); FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION) (2007): OECD-FAO Agricultural Outlook 2007-2016. Paris: OECD, FAO.
URL: <http://www.oecd.org/tad/agricultural-trade/38893266.pdf> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- OFFERMANN, F.; BANSE, M.; EHRMANN, M.; GOCHT, A.; GÖMANN, H.; HAENEL, H.-D.; KLEINHANß, W.; KREINS, P.; VON LEDEBUR, O.; OSTERBURG, B.; PELIKAN, J.; RÖSEMANN, C.; SALAMON, P.; SANDERS, J. (2012): vTI-Baseline 2011-2021: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Sonderheft 355. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn050029.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- ONDERSTEIJN, C.J.M.; BELDMAN, A.C.G.; DAATSELAAR, C.H.G.; GIESEN, G.W.J.; HUIRNE, R.B.M. (2002): The Dutch Mineral Accounting System and the European Nitrate Directive: implications for N and P management and farm performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 92(2): 283–296.
doi: 10.1016/S0167-8809(01)00288-2
- OSTERBURG, B.; KÄTSCH, S.; WOLFF, A. (2013): Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Thünen-Report 13. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
URL: http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/vTI/Publikationen/Thuenen%20Report/Thuenen-Report_13_Szenarioanalysen_Internet.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- OSTERBURG, B.; NIEBERG, H.; RÜTER, S.; ISERMAYER, F.; HAENEL, H.; HAHNE, J.; KRENTLER J.-G.; PAULSEN, H.M.; SCHUCHARDT, F.; SCHWEINLE, J.; WEILAND, P. (2009): Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Studie im Auftrag des BMELV. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 03/2009. Braunschweig/Hamburg/Trenthorst: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/bitv/dk041942.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- OSTERBURG, B.; RÜHLING, I.; RUNGE, T.; SCHMIDT, T.G.; SEIDEL, K.; ANTONY, F.; GÖDEKE, B.; WITT-ALTFELDER, P. (2007): Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. Teil I. Bericht im Auftrag der LAWA. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Ingenieurdienst UmweltSteuerung (INGUS).
URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- PERMAN R. (2003): Natural resource and environmental economics. Pearson Education, 2003.
- PETERS, W. (2008): Flächeneffektive Bioenergienutzung aus Naturschutzsicht. Projektziele: Entwicklung einer Methodik zur Erarbeitung raumbezogener Empfehlungen für einen flächen- und klimaeffizienten sowie naturverträglichen Energiepflanzenanbau. Projektwebsite: <http://www.peters-umweltplanung.de/bfn-bioenergienutzung.html> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- PETZOLD, R.; FEGER, K.-H.; RÖHLE, H. (2010): Standörtliche Voraussetzungen für Kurzumtriebsplantagen. S. 44-53. In: BEMMANN, A.; KNUST, C. (Hrsg.): AGROWOOD - Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Berlin: Weißensee Verlag.

- URL: http://boku.forst.tu-dresden.de/pdf/AGROWOOD_Kap_1_3_druck.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- POEPLAU, C.; DON, A.; VESTERDAL, L.; LEIFELD, J.; VAN WESEMAEL, L.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(7): 2415-2427.
- POWER, A.G. (2010): Ecosystem Services and Agriculture: Tradeoffs and Synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 2959–2971. URL: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/365/1554/2959.full.pdf> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- PUDE, R. (2012): Stoffliche Nutzung von Miscanthus. URL: <http://www.miscanthus.de/stofflNutzung.htm> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- REEG, T.; BEMMANN, A.; KONOLD, W.; MURACH, D.; SPIECKER, H. (Hrsg.) (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim: Wiley-VCH-Verlag.
- REINHARDT, G.; SCHEUERLEN, K. (2004): Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien. URL: http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/naturschutzaspekte_ee.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- RENSBERG, N.; HENNIG, C.; NAUMANN, K.; BILLIG, E.; SAUTER, P.; DANIEL-GROMKE, J.; KRAUTZ, A.; WEISER, C.; WEISER, C.; REINHOLD, G.; GRAF, T. (2012). Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht zur EEG-Periode 2009 bis 2011. Leipzig: Deutsches BiomasseForschungsZentrum. URL: http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/Berichte_Projektdatenbank/3330002_Stromerzeugung_aus_Biomasse_Endbericht_Ver%C3%B6ffentlichung_FINAL_FASSUNG.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- RINK, D.; BANZHAF, E. (2011): Flächeninanspruchnahme als Umweltproblem. S. 445-464. In: GROß, M. (Hrsg.): Handbuch Umweltsoziologie. Wiesbaden: Springer - VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- RODE, M.; SCHNEIDER, C.; KETELHAK, G.; REIßHAUER, D. (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. BfN-Skripten 136. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. URL: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/skript136.pdf> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- RÖDER, N.; GRÜTZMACHER, F. (2012): Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren – Vermeidungskosten und Anpassungsbedarf. *Natur und Landschaft* 87(2): 56-61. URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_1N51DE/dn050003.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- RÖDER, N.; OSTERBURG, B. (2012a): Reducing GHG emissions by abandoning agricultural land use on organic soils - A cost assessment – Vortrag im Rahmen der Triennial Conference der International Association of Agricultural Economists (IAAE), Foz do Iguaçu, Brazil, 18-24 August, 2012. URL: http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/125134/2/Rewetting_peatland_nc.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- RÖDER, N.; OSTERBURG, B. (2012b): The Impact of map and data resolution on the determination of the agricultural utilization of organic soils in Germany. *Environmental Management* 49(6): 1150-1162. URL: http://download.springer.com/static/pdf/797/art%253A10.1007%252Fs00267-012-9849-y.pdf?auth66=1390396875_7388bfaac26cf54ef03e76ff5183046f&ext=.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]

- RÖHRICHT, C.; RUSCHER, K. (2009): Anbauempfehlungen: Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb. Fachmaterial. Dresden: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.
URL: http://www.schnepf-pro-lignum.de/uploads/pdf/Anbauempfehlungen_für_schnellwachsende_Baumarten.pdf
[Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- RÖSCH, C. (2007): Die Nutzung von überschüssigem Grünland als Energieressource. Potenziale und Wirtschaftlichkeit am Beispiel Baden-Württemberg. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 16(3): 88-93.
URL: <http://www.itas.fzk.de/tatup/073/roes07a.pdf> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- ROSCHKE, M.; PLÖCHL, M. (2006): Eigenschaften und Zusammensetzung der Gärreste. S. 36-39. In: MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.): Biogas in der Landwirtschaft. Leitfaden für Landwirte und Investoren im Land Brandenburg. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Potsdam: MLUV.
URL: http://www2.atb-potsdam.de/Hauptseite-deutsch/ATB-Schriften/Sonstige/Biogas_HiRes.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- ROTTMANN-MEYER, M.-L. (2010): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen in Niedersachsen. Werlte: 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen, Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe.
URL: http://www.3n.info/download.php?file=pdf_files/InfomaterialDownloadsAnbauhinweise/101004_3n_kup_broschuere_webversion.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- ROWE, G.; WRIGHT, G.; BOLGER, F.M.I. (1991): The Delphi Technique: A Re-Evaluation of Research and Theory. Technological Forecasting and Social Change 39(3): 235-251
doi: 10.1016/0040-1625(91)90039-I
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2007): Biologisch-regenerative Stickstoffversorgung im Ackerbau. Schriftenreihe, Heft 31/2007
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2011): Leguminosen - eine wirtschaftliche Alternative bei hohen Stickstoffpreisen. Biologische Stickstoffgewinnung nimmt an Bedeutung zu. Newsletter vom 14.07.2011.
URL: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/24946.htm> [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- SADDLER, H.; KING, H. (2008): Agriculture and Emissions Trading: The Impossible Dream? Discussion Paper 102. Canberra City (Australia): The Australia Institute (TAI).
- SCHALLER, L.; KANTELHARDT, J.; ADELMANN, W.; AUGUSTIN, J.; BERGMAN, L.; BEYER, C.; CHOJNICKI, B.; DRÖSLER, M.; FÖRSTER, C.; FREIBAUER, A.; GIEBELS, M.; GÖRLITZ, S.; HÖPER, H.; LIEBERSBACH, H.; HAHN-SCHÖFL, M.; MINKE, M.; PETSCHOW, U.; PFADENHAUER, J.; SCHÄGNER, J.-P.; SOMMER, M.; THUILLE, A.; WEHRHAN, M. (2013): GHG Emissions from agriculturally managed peatlands – emission mitigation versus microeconomic income effects. S. 83-91. In: Majewski, E.; Czekaj, S.; Malak-Rawlikowska, A.; Ros, M.; Malazewska, S. (Hrsg.): Transforming agriculture - between policy, science and the consumer. Proceedings of 19th IFMA Congress 2013, Poland, Warsaw University of Life Sciences, 21-26 July, 2013. Volume 2.
URL: http://www.ifmaonline.org/pdf/congress/13_Schaller_etal_P83-91v2.pdf [Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- SCHEELE, M.; ISERMEYER, F.; SCHMITT, G. (1993). Umweltpolitische Strategien zur Lösung der Stickstoffproblematik. Agrarwirtschaft 42(8/9): 294-313.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1982): Lehrbuch der Bodenkunde, 11. Aufl. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
- SCHLEGEL, S.; KRAEMER, R.A.; SCHAFFRIN, D. (2005): Bodenschutz und nachwachsende Rohstoffe. Gutachten für die Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes. Berlin: Ecologic, Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik.

- URL: http://ecologic.eu/download/projekte/200-249/201-08/201-08_gutachten.pdf
[Letzter Zugriff: 20.01.2014]
- SCHLUTOW, A.; NAGEL, H.-D.; SCHEUSCHNER, T.; WEIGELT-KIRCHNER, R. (2010): Ökologische Belastungsgrenzen unter Einfluss des Klimawandels. Schriftenreihe, Heft 12/2010. Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14930/documents/17884> [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SCHMIDT, H.-P. (2010): Europas erste Biokohle-Produktion geht in Betrieb. Ithaka Journal für Ökologie, Weinbau und Klimafarming. URL: <http://www.ithaka-journal.net/europas-erst-biokohle-produktion-geht-in-betrieb> [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SCHOLZ, V.; BOELCKE, B.; BURGER, F.; HOFMANN, M.; VETTER, A. (2006): Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen – Merkblatt. KTBL-Datensammlung Energiepflanzen. Potsdam-Bornim: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). URL: http://dendrom.de/daten/downloads/ktbl_merkblatt.pdf [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SCHRAMEK, J.; OSTERBURG, B. (2011): Instrumente für einen effektiven Schutz von Dauergrünland. Vortrag auf der BfN-Tagung „Naturschutz und Landwirtschaft im Dialog“, 5.10.2011, Vilm. URL: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/ina/vortraege/2011/2011-Gruenland-Schramek.pdf> [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SCHRAMEK, J.; OSTERBURG, B.; KASPERCZYK, N.; NITSCH, H.; WOLFF, A.; WEIS, W.; HÜLEMAYER, K. (2012): Vorschläge zur Ausgestaltung von Instrumenten für einen effektiven Schutz von Dauergrünland. BfN Skript 323. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN). URL: http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript_323.pdf [Letzter Zugriff: 20.12.2013]
- SCHUCHARDT, F. (2009): Organische Reststoffe aus Landwirtschaft, Agrarindustrie und Kommunen. Vortrag auf der vTI-Fachveranstaltung „Energie und Rohstoffe aus landwirtschaftlichen Reststoffen – Hydrothermale Carbonisierung ein geeignetes Verfahren?“ 05. 03. 2009, Berlin. URL: http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Bioenergie-NachwachsendeRohstoffe/HTC-Schuchardt.pdf?__blob=publicationFile [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SCHÜMANN, A.; ENGEL, J.; FRANK, K.; HUTH, A.; LUICK, R.; WAGNER, F. (2011): Naturschutzstandards für den Biomasseanbau. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft Nr. 106. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- SCHUSTER, B. (2011): Erfolgreiche Beispiele im Rückblick – Perspektiven für die GAP 2013. Vortrag auf der Tagung „ELER, Naturschutz und Natura 2000, Fulda-Workshop-Reihe“, 13./14. April 2011, Göttingen. URL: http://www.netzwerk-laendlicher-raum.de/fileadmin/sites/ELER/Dateien/05_Service/Veranstaltungen/2011/ELER_u_Naturschutz/005_ELERuNaturschutz_Schuster.pdf [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SCHWEIER, J. (2012): Ernte und Transport von Biomasse. Freiburg im Breisgau: Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft. URL: http://www.bioenergie-portal.info/fileadmin/bioenergie-beratung/baden-wuerttemberg/dateien/2012_Vortr%C3%A4ge_Praxistag_Kup/Ernteverfahren_und_Transport_Schweier_01.pdf [Letzter Zugriff: 21.01.2014]

- SCHWEIER, J.; BECKER, G. (2012): Harvesting of short rotation coppice – Harvesting trials with a cut and storage system in Germany. *Silva Fennica* 46(2): 287–299.
URL: <http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf46/sf462287.pdf> [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SCHWEINLE, J. (2012): KUP-Kalkulator 2.0. Hamburg: vTI – Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft Thünen-Institut für Forstökonomie,
URL: <http://www.ti.bund.de/de/startseite/institute/fo/aktuelles-service.html> oder
URL: http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/FO/KUPKalkulator/KUP-Kalkulator2.0.zip [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SEEGER, T. (1979): Die Delphi-Methode. Expertenbefragung zwischen Prognose und Gruppenmeinungsbildungsprozess – überprüft am Beispiel der Delphi-Befragung im Gegenstandsbereich Information und Dokumentation. Dissertation. Freiberg: Hochschul-Verlag.
- SEHN, W. (2008): FH Bingen erzeugt mit neuartigem Pyrolyseverfahren Wärme und Dünger aus Biomasse. *innovations-reports. Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft.* (10.12.2008). URL: http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/fh_bingen_erzeugt_neuartigem_pyrolyseverfahren_124041.html [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SENSI, A. (2006): Landwirtschaft und Versauerung.
URL: http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/de/acid_de/report.htm [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SHEPHERD, M.; PEARCE, B.; CORMACK, B.; PHILIPPS, L.; CUTTLE, S.; BHOGAL, A.; COSTIGAN, P.; UNWIN, R. (2003): An assessment of the environmental impacts of organic farming. A review for Defra-funded project OF0405. DEFRA, ADAS, ELM FARM, and IGER.
URL: http://orgprints.org/6784/2/OF0405_909_TRP.pdf [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SIEBERT, S. (2011): Fachliche Praxis der organischen Düngung. S. 1-3. In: Sonderdruck „Organische Düngung“ des Landwirtschaftlichen Wochenblattes Westfalen-Lippe. H&K aktuell 11/2011.
URL: http://www.kompost.de/uploads/media/Fachliche_Praxis_der_organischen_Duengung_HuK_11_11.pdf [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SMITH, P.; ANDREN, O.; KARLSSON, T.; PERÄLÄ, P.; REGINA, K.; ROUNSEVELL, M.; VAN WESEMAEL, B. (2005): Carbon Sequestration Potential in European Croplands Has Been Overestimated. *Global Change Biology* 11(12): 2153–2163.
doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.01052.x
- SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z.; GWARY, D.; JANZEN, H.; KUMAR, P.; MCCARL, B.; OGLE, S.; O'MARA, F.; RICE, C.; SCHOLLES, B.; SIROTENKO, O.; HOWDEN, M.; MCALLISTER, T.; PAN, G.; ROMANENKOV, V.; SCHNEIDER, U.; TOWPRAYOON, S.; WATTENBACH, M.; SMITH, J. (2008): Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363: 789-813.
URL: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/363/1492/789.full.pdf> [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SPOHN, M.; GIANI, L. (2011a): Impacts of land use change on soil aggregation and aggregate stabilizing compounds as dependent on time. *Soil Biology and Biochemistry* 43(5): 1081-1088.
doi:10.1016/j.soilbio.2011.01.029
- SPOHN, M.; GIANI, L. (2011b): Total, hot water extractable, and oxidation-resistant carbon in sandy hydromorphic soils - Analysis of a 220-year chronosequence. *Plant Soil* 338(1): 183-192.
doi: 10.1007/s11104-010-0322-5
- SRU (SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN) (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

- URL:
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2007_SG_Biomasse_Buch.pdf?__blob=publicationFile [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- SRU (SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN) (2008). Umweltgutachten 2008 – Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
 URL:
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2008_Umweltgutachten_BT.D.pdf?__blob=publicationFile [Letzter Zugriff: 21.01.2014]
- STEHFEST, E.; BOUWMAN, L.; VUUREN, D.P. VAN; DEN ELZEN, M.G.J.; EICKHOUT, B.; KABAT, P. (2009): Climate Benefits of Changing Diet. Climatic Change 95(1-2): 83–102.
 doi: 10.1007/s10584-008-9534-6
- STEINHÄÜBER, R. (2012): Aktuelle Änderungen im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und die geplante Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP): Konsequenzen für die umweltgerechte Bereitstellung von Bioenergie. Natur und Recht 34(7): 441-448.
 doi:10.1007/s10357-012-2290-4
- STOLZE, M.; PIORR, A.; HÄRING, A.; DABBERT, S. (2000): Environmental impacts of organic farming in Europe. Organic Farming in Europe: Economics and Policy Vol. 6. Stuttgart-Hohenheim: Universität Hohenheim.
 URL: <https://www.uni-hohenheim.de/i410a/ofeurope/organicfarmingineurope-vol6.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- STRAUß, C.; VETTER, A.; NEHRING, A. (2009): Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen. S. 176-178. In: JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (vTI) (Hrsg.): Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft. Tagungsband 15./16.Juni 2009. Braunschweig: vTI.
 URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/zi044100.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- STROHM, K.; SCHWEINLE, J.; LIESEBACH, M.; OSTERBURG, B.; RÖDL, A.; BAUM, S.; NIEBERG, H.; BOLTE, A.; WALTER, K. (2012): Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 06/2012. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI).
 URL: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/bitv/dn050857.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- TAUSCHER, B.; BRACK, G.; FLACHOWSKY, G.; HENNING, M.; KÖPKE, U.; MEIER-PLOEGER, A.; MÜNZING, K.; NIGGLI, U.; PABST, K.; RAHMANN, G.; WILLHÖFT, C.; MAYER-MIEBACH, E. (2003): Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren. Statusbericht 2003. Berlin: Senat der Bundesforschungsanstalten im BMVEL.
 URL:
http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/LebensmittelVergleich.pdf?__blob=publicationFile [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- THRÄN, D., EDEL, M., PFEIFER, J., PONITKA, J., RODE, M., KNISPEL, S. (2011): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung. DBFZ Report 4. Leipzig: Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ).
 URL: http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_4.pdf [Letzter Zugriff: 06.01.2014]
- TOPAGRAR ONLINE (2011): Erste Biokohle ab 2012 am Markt. topagrar online, 28.01.2011.
 URL: <http://www.topagrar.com/news/Energie-News-Erste-Biokohle-ab-2012-am-Markt-100132.html> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2009): Hintergrundpapier zu einer multimedialen Stickstoff-Emissionsminderungsstrategie. Stand April 2009. Berlin: Umweltbundesamt.
 URL:

- <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3982.pdf>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2010): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierung für das Jahr 2008. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3780.pdf>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2012): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2011. Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung „Climate Change 12/2009“. Stand Dezember 2012. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/add/3761-1.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2013a): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2013. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2011. Reihe „Climate Change“, 08/2013. Berlin: Umweltbundesamt.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2013b): Daten. Daten zur Umwelt: Aktuelle Daten, Trends und Bewertungen zur Umweltsituation in Deutschland.
URL: <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=3639> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UCKERT, G.; SCHULER, J.; MATZDORF, B.; LORENZ, J.; HUCKE, I.; HILDEBRAND, S. (2007): Grünes Gold im Osten?! Flächenansprüche von Biomassepfaden durch klimabedingte Ausbauziele und Handlungsoptionen für die Raumordnung. Endbericht. München: Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung.
URL: http://publ.ext.zalf.de/publications/BBR_Endbericht_Biomasse.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UMCA (UNIVERSITY OF MISSOURI CENTER FOR AGROFORESTRY) (2013): Training manual for applied agroforestry practices - 2013 edition. Columbia: University of Missouri Center for Agroforestry.
URL: <http://www.centerforagroforestry.org/pubs/training/intro.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UN (UNITED NATIONS) (1992): Convention on Biological Diversity.
URL: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UNIVERSITÄT GREIFSWALD (2010). Vorpommern Initiative für Paludikultur.
URL: <http://www.yepat.uni-greifswald.de/paludiculture/> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- UNSELD, R.; MÖNDEL, A.; TEXTOR, B.; SEIDL, F.; STEINFATT, K.; KAISER, S.; THIEL, M.; KAROPKA, M.; NAHM, M. (2010): Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. 3. unwesentlich veränderte Auflage. Rheinstetten-Forchheim: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ).
URL: <http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/bro/Kurzumtriebsflaechen.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- VERBERK, W.C.E.P.; VAN DUINEN, G.A.; BROCK, A.M.T.; LEUVEN, R.S.E.W.; SIEPEL, H.; VERDONSCOT, P.F.M.; VAN DER VELDE, G.; ESSELINK, H. (2006): Importance of landscape heterogeneity for the conservation of aquatic macroinvertebrate diversity in bog landscapes. *Journal for Nature Conservation* 14: 78-90.
URL: <http://www.aquaticecology.nl/uploads/04/f7/04f756f70a9d3a73bb747f0f4927574d/Verberk-WCEP-van-Duinen-GA-Brock-AMT-et-al-2006-Journal-for-Nature-Conservation.pdf>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

- VERHEIJEN, F.; JEFFERY, S.; BASTOS, A.C.; VAN DER VELDE, M.; DIAFAS, I. (2010): Biochar application to soils: A critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. JRC Scientific and Technical Report. Brüssel: Joint Research Centre of the European Commission.
URL: http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/EUR24099.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- VETTER, A.; HEIERMANN, M.; TOEWS, T. (Hrsg.) (2009): Anbausysteme für Energiepflanzen. Optimierte Fruchtfolgen und effiziente Lösungen. Frankfurt am Main: DLG-Verlag.
- VON HAAREN, C.; SAATHOFF, W.; BODENSCHATZ, T.; LANGE, M. (2010): Der Einfluss veränderter Landnutzungen auf Klimawandel und Biodiversität. Naturschutz und Biologische Vielfalt, BfN-Heft 94. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- VORGRIMLER, D.; WÜBBEN, D. (2003): Die Delphi-Methode und ihre Eignung als Prognoseinstrument. Wirtschaft und Statistik, Heft 8/2003: 763–774.
URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Monatsausgaben/WistaAugust03.pdf?__blob=publicationFile [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WAHMHOF, W. (2011): Stickstoffdüngung aus Umweltsicht. S. 7–12. In: Stickstoff in Pflanze, Boden und Umwelt. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 23. Göttingen: Deutsche Gesellschaft für Pflanzenernährung e. V.
URL: http://www.gpw.uni-kiel.de/de/jahrestagung/tagungsbaende/tagungsband_2011.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WAUER, A.; HAMBER J. (2010): Holzernte in steilen Hanglagen. LWF Merkblatt 13. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).
URL: <http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-merkblaetter/mb-13-holzernte-hanglagen.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014].
- WBA (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung. Empfehlungen an die Politik. Verabschiedet im November 2007.
URL: <http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/382594/publicationFile/23017/GutachtenWBA.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WBA (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2011): Förderung der Biogaserzeugung durch das EEG – Stellungnahme zur geplanten Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (April 2011)
URL: http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/StellungnahmeEEG.pdf?__blob=publicationFile [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WBGU (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN) (2008): Welt im Wandel. Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin: WBGU.
URL: http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2008/wbgu_jg2008.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WEGENER, J.; THEUVSEN, L. (2010): Handlungsempfehlungen zur Minderung von stickstoffbedingten Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft. Berlin: WWF Deutschland.
URL: http://www.uni-goettingen.de/de/document/download/9fd9831506d1021458b96370775b432e.pdf/100720_Stickstoffbroschuere.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

- WEINGARTEN, P. (1995): Das "Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland" (RAUMIS). Berichte über Landwirtschaft 73: 272 - 303.
- WEISKE, A.; TRIMBORN, M.; SCHOLWIN, F.; THRÄN, D. (2008): Ableitung von Emissionsfaktoren und -funktionen aus dem MIDAIR-Projekt. Leipzig: Institut für Energetik und Umwelt.
URL: <http://download.ble.de/04HS066.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WESTHOEK, H.J.; OVERMARS, K.P.; ZEIJTS, H. VAN (2013): The Provision of Public Goods by Agriculture: Critical Questions for Effective and Efficient Policy Making. Environmental Science & Policy 32: 5-13.
URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462901112001062> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WICHTMANN, W.; COUWENBERG, J.; KOWATSCH, A. (2009): Klimaschutz durch Schilfanbau. Ökologisches Wirtschaften (1): 25-27.
URL: <http://www.oekologisches-wirtschaften.de/index.php/oew/article/viewFile/617/617> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WILKE, C.; BACHMANN, J.; HAGE, G.; HEILAND, S. (2011): Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels. Naturschutz und Biologische Vielfalt, BfN-Heft 109. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- WINKLER, T. (2009): Kostenarten. Welche Kosten gibt es? Wie werden die Kosten eingeteilt? Erding: Amt für Landwirtschaft und Forsten.
URL: http://www.aelf-ed.bayern.de/bildung/linkurl_7.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WIRKNER, R. (2011): Mehrjährige Kulturen: Eine neue Chance für die Bioenergie? Vortrag auf dem Projekttag "Bioenergie 2050 - Auf dem Weg zur Umsetzung des Energiekonzepts der Bundesregierung", 7. Juli 2011, Berlin.
URL: http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/biz/pdf/4_Wirkner_Projekttag_2011_final.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WITZKE, H. V.; NOLEPPA, S. (2007): Methan und Lachgas - Die vergessenen Klimagase. Wie die Landwirtschaft ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten kann – Ein klimaschutzpolitischer Handlungsrahmen. Frankfurt am Main: WWF Deutschland.
URL: http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Methan_und_Lachgas_-_Langfassung.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WOUDENBERG, F. (1991): An Evaluation of Delphi. Technological Forecasting and Social Change 40: 131-150.
URL: <http://commonsenseatheism.com/wp-content/uploads/2011/12/Woudenberg-An-evaluation-of-Delphi.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- WÜSTEMANN, H.; MÜLLER, K.; MATZDORF, B.; SCHULER, J. (2008): Theoretische Grundlagen von Politiken zur Förderung der Multifunktionalität. S. 58-85. In: WÜSTEMANN, H.; MANN, S.; MÜLLER, K. (Hrsg.) (2008): Multifunktionalität. Von der Wohlfahrtsökonomie zu neuen Ufern. München: Oekom Verlag.
- WWF DEUTSCHLAND (2009). Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. Berlin: WWF Deutschland.
URL: http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/Kurzfassung_Modell_Deutschland.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]
- ZELLER, V.; WEISER, C.; HENNENBERG, K.; REINICKE, F.; SCHAUBACH, K.; THRÄN, D.; VETTER, A.; WAGNER, B. (2011): Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung. Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Bd. 2. Leipzig: Deutsches BiomasseForschungsZentrum. http://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Ver%C3%B6ffentlichungen/02_Basisinformationen_Reststoffe_web.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Zitierte Rechtsakte:

Biokraft-NachV (2009): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – Biokraft-NachV).

URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/biokraft-nachv/gesamt.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Biomasseverordnung (Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse) (2001). Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 10 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/biomassev/gesamt.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

BioSt-NachV (2009): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV) vom 23. Juli 2009. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 46, ausgegeben zu Bonn am 29. Juli 2009.

URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/biost-nachv/gesamt.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

BNatSchG (Bundesnaturschutzgesetz) (2009): Gesetz zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege vom 29. Juli 2009. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 51, ausgegeben zu Bonn am 6. August 2009, 2542-2579. <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/monitoring/BNatSchG.PDF> (2013-11-08).

URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

BNatSchG (Bundesnaturschutzgesetz) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 24 des Gesetzes vom 6. Juni 2013 (BGBl. I S. 1482) geändert worden ist.

URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

BWaldG (Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz) Bundeswaldgesetz vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 31. Juli 2010 (BGBl. I S. 1050) geändert worden ist.

URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bwaldg/gesamt.pdf> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_v/gesamt.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

EG-Nitratrichtlinie (1991): Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31991L0676:DE:HTML> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

EEG (Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien) (2013): Erneuerbare-Energien-Gesetz; Zum 20.11.2013 aktuellste verfügbare Fassung der Gesamtausgabe.

https://www.juris.de/purl/gesetze/_ges/EEG [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

FFH-RL (Fauna-Flora-Habitatrichtlinie) (2013): Fauna-Flora-Habitatrichtlinie und Vogelschutzrichtlinie – Gebiete und Arten in Deutschland. Anhang I der FFH-Richtlinie. Liste der in Deutschland vorkommenden Lebensräume des Anhangs I der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie.

URL: <http://www.ffh-gebiete.de/natura2000/ffh-anhang-i/> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Nitratrichtlinie: Richtlinie 91/676/EWG des Rates (Zum 26. Januar 1996 wurde die Richtlinie durch die Düngeverordnung in bundesdeutsches Recht übernommen).

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1991:375:0001:0008:DE:PDF>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Pflanzenschutzmittelverordnung vom 15. Januar 2013 (BGBl. I S. 74): Verordnung über Zulassungs- und Genehmigungsverfahren für Pflanzenschutzmittel (Pflanzenschutzmittelverordnung - PflSchMV).

URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/pflschmv_2013/gesamt.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

RED (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) (2009): Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG Text von Bedeutung für den EWR.

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:01:DE:HTML> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (Vogelschutzrichtlinie).

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:020:0007:0025:DE:PDF>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Richtlinie 80/68/EWG des Rates über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserschutzrichtlinie).

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1980:020:0043:0048:DE:PDF>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Richtlinie 86/278/EWG des Rates vom 12. Juni 1986 über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft.

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1986:181:0006:0012:DE:PDF>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie).

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1992:206:0007:0050:DE:PDF>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Verordnung (EG) Nr. 1122/2009 der Kommission vom 30. November 2009 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates hinsichtlich der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen, der Modulation und des integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems im Rahmen der Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe gemäß der genannten Verordnung und mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1234/2007 hinsichtlich der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen im Rahmen der Stützungsregelung für den Weinsektor.

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:316:0065:01:DE:HTML> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 des Rates vom 20. September 2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER).

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:238:0001:0008:DE:PDF>

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:277:0001:0040:DE:PDF
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates vom 19. Januar 2009 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1290/2005, (EG) Nr. 247/2006, (EG) Nr. 378/2007 sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003.

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:030:0016:01:DE:HTML> [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV) - Konsolidierte Fassung der Begründung (2009).

URL: http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nachv_verordnung.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

URL: http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nachv_begr_kons_bf.pdf [Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 2019/93, (EG) Nr. 1452/2001, (EG) Nr. 1453/2001, (EG) Nr. 1454/2001, (EG) Nr. 1868/94, (EG) Nr. 1251/1999, (EG) Nr. 1254/1999, (EG) Nr. 1673/2000, (EWG) Nr. 2358/71 und (EG) Nr. 2529/2001.

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2003R1782:20090101:DE:PDF>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

Verordnung (EG) Nr. 794/2004 der Kommission vom 21. April 2004 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 659/1999 des Rates über besondere Vorschriften für die Anwendung von Artikel 93 des EG-Vertrags.

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:140:0001:0134:DE:PDF>
[Letzter Zugriff: 22.01.2014]

9 Anhang

9.1 Steckbriefe Maßnahmen (inklusive Kurzbewertungsdiagramm²⁷)

²⁷ Erklärung der Abbildung zur Kurzbewertung:

Die niedrigen, mittleren und hohen Ausprägungen innerhalb der Bewertungskategorien vermitteln einen Überblick über die Ergebnisse der Literaturlauswertung von Klima- und Naturschutzwirkungen der Maßnahmen. Die getroffenen Bewertungen/Einschätzungen hinsichtlich der THG-Minderungskosten, des THG-Minderungspotential, von (potenziellen) Synergien mit dem Naturschutz sowie der Raumwirksamkeit (Änderungen mit Relevanz in der Fläche) bilden dabei Wirkspannen ab und verdeutlichen das Risiko bzw. Potential in den einzelnen Bereichen.

Bereich 1: Biomasse

9.1.1 Konfliktfeld: NawaRo-Anbau für Biogasanlagen (Intensivkulturen)

Kurzbeschreibung

- Anbau von NawaRo zur Produktion von Biogas
- Schwerpunkt auf einjährigen Kulturen (z.B. Mais)
- Ersatz fossiler Energieträger

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: 6 - 10 t_{CO2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ (ohne dLUC / iLUC)
- Minderungskosten: (500 kW-Anlage, Referenzpreis konventioneller Strom-Mix): 250 – 400 €/t CO_{2Äq} (NawaRo-/Maisanlage; je nach Ausnutzung Wärmenutzung)
- Dauerhaftigkeit: Ja

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Einkommensmöglichkeit: ja
- evtl. Steigerung der pfl. Erträge durch org. Düngung mit Gärresten
- Flächenkonkurrenz: ja
- Verfügbare Fördermaßnahme: EEG, Investitionsförderprogramme

Wirkungen auf den Naturschutz

- Negative Wirkungen
 - Intensivierung (erhöhter Betriebsmitteleinsatz)
 - Umbruch von (wertvollem) Grünland
 - Ausdehnung der Anbauflächen
 - Vereinheitlichung der Fruchtfolgen
 - NawaRo-Kulturen meist Humuszehrer (z.B. Mais)
 - Höheres Verkehrsaufkommen durch Transport zu Biogasanlagen
 - Erhöhte Erntefrequenz bei Zweinutzungskulturen
 - Monotonisierung der Landschaft
- Positive Wirkungen
 - Verbesserte N-Verfügbarkeit
 - Energiepflanzen bieten (u.a. durch geringere Qualitätsansprüche) Option zur Diversifizierung von Fruchtfolgen

Flächenanspruch

- Aktuell: ca. 0,7 Mio. ha im Jahr 2011 für Biogas-NawaRo (ca. 6% der Ackerfläche)
- Prognose: bis zu 1,2 Mio. ha im Jahr 2030

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - EEG
 - Investitionsförderung: z.B. Förderprogramm „Energie vom Land“, Diversifizierung
 - CC, Greening
 - DüV
- Definierte Zielvision:
 - Gaseinspeisung: 6 Mrd. m³ bis 2020
 - Anteil der eingespeisten Strommenge durch Biogas: ca. 19.000 GWh/a bis 2020 (Prognose der Bundesregierung)

Verbesserungsvorschläge

- EEG: Förderung an Umweltauflagen koppeln, Reststoffvergärung fokussieren, Anreize zur Nutzung der Speicherfähigkeit, Abdeckung Gärrestlager Altanlagen
- CC, Fachrecht: strengerer Schutz von Grünlandumbruch und Anbau auf kohlenstoffreichen Standorten
- DüV: Lagerdauer

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.2 Alternative Verfahren: NawaRo-Anbau für Biogas

a) Förderung der Fruchtartenvielfalt mit mehrjährigen Kulturen

Kurzbeschreibung

- Anbau von alternativen NawaRo-Kulturen zur Produktion von Biogas
- Schwerpunkt auf mehrjährigen Kulturen (z.B. Korbblütler, mehrjährige Gräser, Leguminosen)
- Ersatz fossiler Energieträger / Reduzierung von THG-Emissionen

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: Einsparungspotential mehrjährige Leguminosen/Gräser: 0,6 bis > 10 t CO₂Äq ha⁻¹ a⁻¹
- Minderungskosten: Fruchtartenabhängig; ergibt sich aus Ertragsdifferenz zur Referenzkultur; tendenziell höher
- Dauerhaftigkeit: Ja

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Einkommensmöglichkeit: ja
- Erträge: Anbau ausdauernder Ackerfuttermischungen kann auf Standorten interessant sein, wo Sommerungen wie Mais ertraglich keine Vorteile bieten bzw. Abreife- und Ernteprobleme im Herbst bestehen
- Flächenkonkurrenz: ja
- Verfügbare Fördermaßnahme: EEG, Investitionsförderprogramme

Wirkungen auf den Naturschutz

- Negative Wirkungen
 - Intensive Grünlandnutzung bei 4 - 5maligem Schnitt negativ für Artenvielfalt
 - Umbruch von Grünland
 - Höheres Verkehrsaufkommen durch Transport zu Biogasanlagen
- Positive Wirkungen
 - Reduzierte Bodenbearbeitung; Förderung der Bodenfruchtbarkeit durch dichte Durchwurzelung und Anreicherung mit organischer

Substanz

- Reduzierte Düngung
- Abwechslungsreicheres Landschaftsbild

Flächenanspruch

- Aktuell: Dauerkulturen zeigen trotz bekannter positiver Umweltwirkungen im Vergleich zu annuellen Energiepflanzen eine geringe Marktdurchdringung
- Prognose: Aufgrund verbesserter Förderbedingungen und Nachhaltigkeitsaspekt wird von Ausweitung ausgegangen

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - EEG
 - Greening
 - AUM
- Definierte Zielvision: keine

Verbesserungsvorschläge

- Nachhaltigkeitskriterien für Förderung formulieren
- Informative Instrumente: Beratung, Informationsveranstaltungen zur Unterstützung der Ausweitung

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

b) Förderung der Fruchtartenvielfalt durch Anbau von Mischkulturen

Kurzbeschreibung

- Förderung der Fruchtartenvielfalt durch Mischkulturanbau. Zwei oder mehr Kulturen werden in abwechselnden Reihen auf nebeneinander liegenden Streifen unterschiedlicher Breite (Mischkulturen) oder in verschiedenen Schichten (Untersaat) auf einer Fläche oder in derselben Vegetationsperiode angebaut (Zwischenfrucht)
- bei Verhinderung von Nitratauswaschung oder Leguminoseneinsatz Einsparung von N- Düngern
- möglicher Einsatz Biogasanlage

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung durch N-Einsparung variabel
- Minderungskosten: variabel

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Opportunitätskosten: möglich
- Ertrag der landwirtschaftl. Produktion:
 - je nach Kulturart
 - Nutzung der Untersaat als Gründüngung, Futter- oder Biomasse
 - insgesamt höhere Ertragsmengen pro Fläche (Wasserhaushalt entscheidend)
 - Vielfalt an Kulturformen bietet Chance, klimabedingte Ertragsschwankungen sowie schädlingsbedingte Ausfälle abzumildern
 - Einsparungen möglich durch geringeren Arbeits- und Energieeinsatz (Einschränkung der Feldarbeit / Pflanzenschutzmitteleinsatz; erleichterter Maschineneinsatz durch bessere Tragfähigkeit des Bodens;

Wirkungen auf den Naturschutz

- Positive Wirkungen
 - Erosionsschutz

- Verbesserung der Bodenstruktur; Humusaufbau
- Vermeidung der Nitratauswaschung im Winter
- effizientere Nutzung von Wasserressourcen
- Untersaat/Mischkultur dienen der Unkrautregulierung → weniger Herbizide notwendig
- Erhöhung der landschaftlichen Vielfalt durch eine größere Vielfalt an Kulturformen
- Förderung positiver Interaktion zwischen verschiedenen Pflanzenarten oder -sorten

Flächenanspruch

- Aktuell: kein zusätzlicher Flächenverbrauch, da Doppelnutzung

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - AUM (Untersaaten)
- Definierte Zielvision: keine

Verbesserungsvorschläge

- Intensivierte Beratungs- und Informationsarbeit zu den vielfältigen Vorteilen von Mischkulturen und Untersaaten

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.3 Vergärung von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen

Kurzbeschreibung

- Einsatz von Reststoffen (Gülle, Festmist, Stroh, Grünschnitt, etc.) in Biogasanlagen
- Feststoffvergärung (Trockenvergärung) und Nassfermentation möglich
- Ersatz fossiler Energieträger

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: ca. 3 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹
- Minderungskosten: Bei 95% Masseanteilen aus landw. Rest- und Abfallstoffen bei 60 - 120 €/t CO_{2Äq} (150 kW Gülleanlage: 52 €/t CO_{2Äq})
- Dauerhaftigkeit: Ja
- Verlagerungseffekte: Nein

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Einkommensmöglichkeit: ja
- Ertrag der landw. Produktion:
 - Evtl. Steigerung der pflanzlichen Erträge durch org. Düngung mit Gärresten
 - Je nach Auswirkungen verstärkter Entnahme organischer Substanz von der Ackerfläche bei verringerter humuswirksamer Rückfuhr
- Verfügbare Fördermaßnahme:
 - EEG
 - Agrarinvestitionsförderung
- Flächenkonkurrenz: nein

Wirkungen auf den Naturschutz

- Negative Wirkungen
 - Verschlechterung der Humusbilanzen durch Entnahme organischer Substanz von der Ackerfläche
 - Bei Entnahme von Wald- und Landschaftspflegeholz/ Totholz muss hiermit einhergehender Nährstoffexport sowie Verlust an wertvollen Lebensräumen berücksichtigt werden
 - Höheres Verkehrsaufkommen durch Transport zu Biogasanlagen

- Positive Wirkungen
 - Reduzierung des Einsatzes mineral. Dünger durch Ersatz mit Gärresten (da Gärreste besser / planbarer durch die Pflanzen verwertet werden als Gülle oder Festmist)
 - Schutzmöglichkeiten extensiver Flächen bei Nutzung des Aufwuchses

Flächenanspruch

- Aktuell: keine Flächenkonkurrenz; Bioenergie aus Reststoffen entspricht einer Fläche von 2,6 Mio. ha
- Prognose: Werden bis 2020 alle verfügbaren Reststoffe für Bioenergie genutzt, entspricht dieses Bioenergiepotenzial einer Fläche von 4,1 Mio. ha

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - EEG
 - Investitionsförderung: Förderprogramm „Energie vom Land“
 - CC, DüV
- Definierte Zielvision: keine

Verbesserungsvorschläge

- EEG: Reststoffvergärung vermehrt fokussieren, Anreize zur Nutzung der Speicherkapazität

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.4 NawaRo-Anbau für die Produktion von Biodiesel (Kraftstoffe)

Kurzbeschreibung

- Gewinnung von Treibstoff aus ölhaltigen Produkten z.B. Raps
- Substitution von THG-Emissionen aus fossilen Energieträgern

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: $2,5 \text{ t CO}_{2\text{Äq}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
- Minderungskosten: ca. 175 € / t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$
- Dauerhaftigkeit: Einsparung von THG
- Verlagerungseffekte: Intensivierung der Flächennutzung

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Nutzungskonkurrenz
- Nebenprodukt Rapskuchen

Wirkungen auf den Naturschutz

- Intensivierung, dichte Bestände, mögliche Nitratauswaschung

Flächenanspruch

- Aktuell: hoher Flächenanspruch

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch: Richtlinie 2009/28/EG (Erneuerbare-Energien-Richtlinie)
- Definierte Zielvision: Anteil 10% alternativer Kraftstoffe am Kraftstoffverbrauch 2020

Verbesserungsvorschläge

- CC: mind. dreigliedrige Fruchtfolge oder Bodenuntersuchung
- Abschaffung der Beimischungsvorgaben

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.5 Erzeugung von Bioethanol aus landwirtschaftlichen Anbauprodukten

Kurzbeschreibung

- Gewinnung von Treibstoff aus -kohlehydrathaltigen (Stärke, Zucker) Produkten z.B. Zuckerrüben, Weizen,..
- Substitution von THG-Emissionen aus fossilen Energieträgern

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung ca. $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
- Minderungskosten: 459 € / t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$ (auf Basis von Weizen)
- Dauerhafte Einsparung von THG
- Verlagerungseffekte (Intensivierung der Flächennutzung)

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Nutzungskonkurrenz
- Nebenprodukte zur Fütterung, Düngung, Biogaserzeugung

Wirkungen auf den Naturschutz

- u.U. weniger Überfahrungen der Bestände (bei Einsparung Qualitätsbehandlungen)

Flächenanspruch

- Potentiell hoher Flächenanspruch

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch Richtlinie 2009/28/EG (Erneuerbare-Energien-Richtlinie)
- Definierte Zielvision: Anteil des Energieverbrauchs im Verkehrssektor aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 10% (nicht allein Biokraftstoffe)

Verbesserungsvorschläge

- Nachhaltigkeitszertifizierung
- siehe Biodiesel

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.6 Erzeugung von Biokraftstoffen (Ethanol, BtL) aus Reststoffen

Kurzbeschreibung

- Gewinnung von abfallbasierten Biokraftstoffen aus biogenen Abfall: u.a. Landschaftspflegematerial
- Neben der Nutzung von Stroh als Festbrennstoff zur Wärmebereitstellung sind verschiedene Konversionspfade zur Strom- und Kraftstoffproduktion möglich
- Biokraftstoffe "Zweiter Generation": Verwertung von Ganzpflanzen, Bioethanol aus Lignozellulose (Holz, Stroh), Synthetische Biokraftstoffe (Biomass to Liquid, BtL)
- Substitution von THG-Emissionen aus fossilen Energieträgern

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: bis zu 1,8 t CO₂Äq ha⁻¹ a⁻¹
- Minderungskosten: gering für einfach mobilisierbaren Anteil
- Dauerhaftigkeit: ja
- Verlagerungseffekte: nein

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- energetische Verwertung von Abfallstoffen
- Auswirkung auf Bodenkohlenstoffhaushalt
- Konkurrenz von Strohverwertung und Humusnachlieferung

Wirkungen auf den Naturschutz

- Energieerträge der Biomasse liefern Kostenbeitrag für Pflegemaßnahmen

Flächenanspruch

- nein

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch Richtlinie 2009/28/EG (Erneuerbare-Energien-Richtlinie)
 - Stand der Technik: Forschungsbedarf bei Kraftstoffen der 2. Generation
- Definierte Zielvision: Ausweitung

Verbesserungsvorschläge

- Schwerpunkt auf Züchtung setzen
- Alternative Verwertungswege der Reststoffe analysieren

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.7 Kurzumtriebsplantagen (KUP)

Kurzbeschreibung

- Energetische Nutzung von Festbrennstoffen aus KUP (Basis Hackschnitzel)
- Ersatz fossiler Energieträger

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: 5 - 20 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ (Grundlage Hackschnitzel-BHKW)
- Minderungskosten: 50 €/t CO_{2Äq} (bezogen auf kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung)
- Dauerhaftigkeit: Ja
- Flächenkonkurrenz: ja

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Einkommensmöglichkeit: ja
- Ertrag der landw. Produktion: je nach Standort
- Verfügbare Fördermaßnahme:
 - EEG
 - Investitionsförderprogramme
- Flächenkonkurrenz: z.T.

Wirkungen auf den Naturschutz

- Negative Wirkungen
 - Anreiz zu Grünland-Umbruch durch ökonom. Vorzüglichkeit von KUP
 - Wirkungen auf Artenvielfalt (abhängig vom Management und Referenzsystem (Acker-/Grünland))
- Positive Wirkungen
 - Längere Bodenruhe i.V.m. leicht zersetzbarer Laubstreu und der Wurzelaktivität der Baumschicht → stärker geschlossene Stoffkreisläufe
 - Geringerer Energie-, Düngemittel- und Pestizideinsatz
 - Wind- und Erosionsschutzwirkung
 - Minimierung des Oberflächenabflusses
 - Luftfilter für Schadstoffe und Staub
 - Bereicherndes Landschaftselement
 - Geringere Störungsintensität durch Arbeiten z.B. für Wildtiere (Rückzugsraum)

Flächenanspruch

- Aktuell: 6000 ha für Agrarholzproduktion im Jahr 2013
- Prognose: 0,6 – 1,3 Mio. ha Agrarholz im Jahr 2020 (bis zu 10% der Ackerfläche)

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - BWaldG (KUP=LF)
 - GAP, 1. Säule (KUP förderfähig)
 - Natur-, Landschaftsschutzaufgaben können Anlage von KUP verhindern
 - CC
 - Greening
 - Investitionsförderprogramme, Marktanreizprogramm
 - EEG (Strom aus Festbrennstoffen)

Verbesserungsvorschläge

- EEG: Definition von Nachhaltigkeitsanforderungen im Rahmen des NawaRo-
- Bonus nicht nur für flüssige Biomassen
- Räumliche Gesamtplanung der Flächennutzung (z.B. Biotopverbund)
- Förderung nur bei Einhaltung der Nachhaltigkeitsanforderungen
- streifenförmiger Anbau fördern
- Beratungsangebote

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.8 Thermische Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen

Kurzbeschreibung

- Nutzung von Stroh als Festbrennstoff zur Wärmebereitstellung
- Erzeugung von Wärme mit neuartigen Pyrolyse-Verfahren auch mit Abfall- und Reststoffen wie Stroh, Rapspresskuchen, Grünschnitt, Trester (Nebenprodukt Dünger aus Biomasse)
- Substitution von THG-Emissionen aus fossilen Energieträgern

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung:
ca. 3-13 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹
- Minderungskosten: Getreideheizung (Ausschuss) ca. 130 €/ t CO_{2Äq} bei Co-Verbrennung von Stroh in Kohlekraftwerken ca. 45 €/ t CO_{2Äq}
- Dauerhaftigkeit: ja
- Verlagerungseffekte: nein

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Nutzungskonkurrenz der Biomasselinien
- u.U. zusätzliches Potenzial für Biogaserzeugung
- Konkurrenz zu Humusneubildung, verminderte C-Speicherung im Boden

Wirkungen auf den Naturschutz

- extensive Landnutzungsformen,
- energetische Nutzung von Pflegeschnitten

Flächenanspruch

- nein

Politische Rahmenbedingungen

- BimSchV, EEWärmeG

Verbesserungsvorschläge

- Investitionsförderungen

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

Bereich 2: Effizienz

9.1.9 Management Wirtschaftsdünger: a) ausreichende Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger b) Abdeckung Mist-/Gülle-/Gärrest- Lagerstätten

Kurzbeschreibung

- Lagerung mit Abdeckungstypen: Schwimmdecke, Strohecke, Leichtschüttung, Kunststoffschwimmkörper / Schwimmfolie, Zeltdach, feste Abdeckung
- direkte und indirekte Reduzierung von THG-Emissionen

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung:
 - ca. 0,17 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ (Mastschweine);
 - ca. 1,9 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ (Rinder)
- Minderungskosten:
 - Je nach Art der Abdeckung, Größe der Lagerstätte bzw. Rinder- oder Schweinegülle sehr weite Spanne
 - ca. 4 €/ t CO_{2Äq} (Leichtschüttung, Schweinegülle) bis 100 €/ t CO_{2Äq} (Zeltdach, Rindergülle)
- Dauerhaftigkeit: N₂O-Emissionen werden evtl. z.T. nur auf die Zeit nach der Ausbringung verlagert
- Verlagerungseffekte: Abdeckung des Flüssigmistlagers mit Stroh fördert erhöhte Methangasproduktion, eine Abdeckung mit Folie kann zu anaeroben Bedingungen und Lachgasemissionen führen

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Investition in Abdeckung, Güllebehälter
- Ertrag der landw. Produktion: Verbesserung der Düngewirkung durch Konservierung der Nährstoffe, Flexibilität bei Bestimmung des optimalen Ausbringzeitpunktes
- Verfügbare Fördermaßnahme: Investitionsförderung (z.B. Regionalprogramm BW „Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben“)

Wirkungen auf den Naturschutz

- Erhalt der N-Vorräte im Dünger,

optimierter Ausbringungszeitpunkt

- Evtl. größere Auswaschungsgefahr

→ Notwendigkeit naturschutzfachl.

Ausgleichsmechanismen: Ja

Flächenanspruch

- Aktuell: kein Flächenanspruch
- Prognose: kein Flächenanspruch

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - TA-Luft
 - Einzelfallbeurteilungen der Bau- und Immissionsschutzbehörden im Zuge des Baugenehmigungsverfahrens
 - Stand der Technik (BVT-Merkblatt, BREF)
- Definierte Zielvision: keine

Verbesserungsvorschläge

- Abdeckung im Rahmen von Investitionsförderungen vorschreiben
- Verpflichtung zur Abdeckung von Anlagen zur Lagerung von Schweine- und Rindergülle

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.10 Emissionsarme, bodennahe, abdriftarme, präzise Ausbringungsverfahren

Kurzbeschreibung

- Verbesserte N-Mineraldünger- und Wirtschaftsdüngerausbringungstechnik (z.B. Exaktstreuer, Injektionsverfahren)
- Steigerung der N-Effizienz
- Reduzierung von direkten und indirekten THG-Emissionen aus der Landwirtschaft

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung:
ca. $0,33 \text{ t CO}_{2\text{Äq}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
- (35 – 65% Verminderung der Ammoniakverluste von Schleppschlauch bzw. Injektion gegenüber Prallteller)
- Minderungskosten: ca. 50 bis zu 200 €/t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$, je nach System: höhere Vermeidung >> höhere Kosten
- Dauerhaftigkeit: ja, nicht umkehrbar
- Verlagerungseffekte: keine, wenn keine N-Überschüsse infolge verbesserter N-Produktivität entstehen

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Kosten von modernen Applikationsverfahren deutlich höher
- Erfordernis überbetriebliche Arbeitserledigung
- verbesserte N-Ausnutzungsgrade

Wirkungen auf den Naturschutz

- geringere N_2O -Emissionen

Flächenanspruch

- kein

Politische Rahmenbedingungen

- Förderung durch ELER

Verbesserungsvorschläge

- DüV (CC)

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.11 Umstellung auf Ökologischen Landbau

Kurzbeschreibung

- Umstellung auf ökologischen Landbau stellt ein Bündel an Einzelmaßnahmen dar
- z.B. Humuswirtschaft, kein Pflanzenschutz mit chemisch-synthetischen Mitteln, kein mineralischer N-Dünger, Weidehaltung, hofeigenes Futter
- Reduzierung von THG-Emissionen aus der Landwirtschaft

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung:
 - Einsparung von ca. 60% gegenüber dem konventionellen Landbau (0,92 statt 2,67 t CO₂Äq ha⁻¹ a⁻¹)
 - Flächen- aber nicht unbedingt produktbezogen
- Dauerhaftigkeit: ja, Einsparung von mineralischen N-Dünger, positive Humusbilanz: Kohlenstoffspeicherung
 - Verlagerungseffekte möglich

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Ausdehnung nach Marktlage gegeben, Nachfrage vorhanden, Preise zu niedrig
- Betriebswirtschaftliche Abhängigkeit von Förderung

Wirkungen auf den Naturschutz

- Extensivierung, keine PSM
- geringere N-Austräge managementabhängig
- geringere Erosion
- Biodiversität steigt

Flächenanspruch

- erhöhter Flächenanspruch

Politische Rahmenbedingungen

- EU-Richtlinie Ökolandbau (Verordnung (EG) Nr. 834/2007, AUM, ELER
- Ökolandbaugesetz

Verbesserungsvorschläge

- Ausdehnung Bewertung auf Produktebene (LCA)
- Untersuchung Kohlenstoff-Speicherung im Boden

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.12 Förderung des Leguminosenanbaus zur Reduzierung des N-Düngerbedarfs

Kurzbeschreibung

- Bereitstellung von reaktivem Stickstoff durch Leguminosen
- Reduzierung THG (Einsparung von Energie für die Herstellung von mineralischen Stickstoff)
- Speicherung THG (Humusaufbau etc.)

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: $0,39 \text{ t CO}_{2\text{Äq}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (64% Einsparung gegenüber Mineraldünger basierter Fruchtfolge)
- Minderungskosten: 100 bis zu 800 €/t $\text{CO}_{2\text{Äq}}$
- Dauerhaftigkeit: reversibel
- Verlagerungseffekte: kann Futtermittelimporte reduzieren aber Fragen der globalen Flächennutzungseffizienz offen (Soja oft „Zwischenfrucht“ in den Tropen und Subtropen)

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- N-Überschüsse vermeiden (u.U. in Fruchtfolge angereichert)
- z.T. nur geringe Erträge
- hohe Saatgutkosten

Wirkungen auf den Naturschutz

- Gesamt Emissionen von N_2O schwer abschätzbar
- Biodiversität steigt

Flächenanspruch

- Aktuell: hoher Flächenanspruch

Politische Rahmenbedingungen

- AUM Art. 39, Zwischenfruchtanbau, Fruchtartendiversifizierung, Winterbegrünung

Verbesserungsvorschläge

- Forschung erforderlich

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

Bereich 3: Senken

9.1.13 Humusanreicherung durch a) Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen und b) konservierende, reduzierte Bodenbearbeitung c) Direkt-, bzw. Mulchsaat

Kurzbeschreibung

- Belassen bzw. Kompostierung von Ernterückständen
- Verzicht auf Bodenbearbeitung (z.B. nicht-wendend, nur Randbearbeitung, flach lockernde Bodenbearbeitung < 10 cm, nur in bestimmtem Zeiträumen)
- Reduzierung THG-Emissionen (Einsparung von Diesel gegenüber Pflügen)
- Speicherung THG (CO₂-Fixierung im Boden)

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: 0,2 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹
- Minderungskosten:
 - je nach Einsparung von Betriebsmitteln
- Dauerhaftigkeit: nur langfristiger Aufbau bis neues Gleichgewicht erreicht wird
- Verlagerungseffekte: erhöhte N₂O-Emissionen möglich

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Sehr guter Erosionsschutz
- Einsparung von Treibstoff

Wirkungen auf den Naturschutz

- weniger Überfahrten
- Biodiversität gesteigert
Bodenlebewesen
- aber u.U. höherer PSM-Aufwand
- Schutz von Oberflächengewässern (Erosionsvermeidung)

Flächenanspruch

- gesamte Fruchtfolge mit positiver Humusbilanz erforderlich
- theoretisch auf gesamter Ackerfläche möglich ca. 12 Mio. ha

Politische Rahmenbedingungen

- ELER-VO Artikel 39
- geringer Kontrollaufwand

Verbesserungsvorschläge

- Langzeitbeobachtungen zu N₂O

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.14 Biokohleanreicherung im Ackerboden (Terra Preta)

Kurzbeschreibung

- in den Boden eingearbeitete Biokohle, wird aus organischen Abfällen gewonnen (durch industrielle Verkohlungs-, Pyrolyse- oder hydrothermale Carbonisierung- HTC)
- Humusanreicherung
- Terra Preta ist eine anthropogen erzeugte Schwarzerde
- Speicherung THG (CO₂-Fixierung im Boden)

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: aus Pyrolyse 400 kW_{th} + 500 kg CO₂ pro 1 t Grünschnitt
- Minderungskosten: 60 – 100 €/t CO₂
 - bei niedrigen Grüngutpreisen
 - Je nach Art der Verkohlungsanlage
- Dauerhaftigkeit: theoretisch langfristig
- Verlagerungseffekte: nein, wenn aus Bioabfällen hergestellt.
- Nutzungskonkurrenz der Biomasselinien

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Bodenverbesserung, Wasser- und Nährstoffhaltefähigkeit (KAK)
- Ertrag der landw. Produktion: Verbesserung der Düngewirkung durch Konservierung der Nährstoffe
- Stabilisierungsmöglichkeit für Gülle und Mist
- hohe Ausbringungsmengen erforderlich > 10 t/ha

Wirkungen auf den Naturschutz

- Gefahr erheblicher ökotoxikologischer Belastungen, falls nicht aus kontrollierten Ausgangsmaterialien hergestellt

Flächenanspruch

- Potentiell hoher Flächenanspruch bei Erzeugung aus NawaRo

Politische Rahmenbedingungen

- noch im Versuchstadium
- Bodenhilfsstoff „Kohlen“ (DüMV)
- Bestehende Gesetze lassen eine CO₂-Sequestrierung aus Abfall nicht zu

Verbesserungsvorschläge

- Herstellungsprozess zertifizieren
- weitere Praxisversuche für Düngungseffekte
- Ökobilanzen und LCA von HTC im Vergleich zur bisherigen Reststoffverwertung

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.15 Erhalt von Dauergrünland

Kurzbeschreibung

- Schutz von Dauergrünlandflächen vor Umwandlung in Ackerland
- Reduzierung / Speicherung von THG-Emissionen

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung:
 - Verhinderte Freisetzung: ca. 10 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹ in den ersten 3 Jahren nach einem Umbruch
 - Neuetablierung von Dauergrünland entzieht je nach Temperatur- und Bodenverhältnissen der Atmosphäre 2 - 4 t CO_{2Äq} ha⁻¹ a⁻¹
- Minderungskosten: 20 – 100 €/t CO_{2Äq}
- Dauerhaftigkeit: Nein

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Opportunitätskosten: Ja (höhere Vorzüglichkeit ackerbaulicher Nutzungen und abnehmende Verwertungsmöglichkeiten für Grünland aufgrund zurückgehender Rinderbestände)
- Ertrag der landw. Produktion: evtl. Nutzung der Aufwüchse in Biogasanlagen
- Verfügbare Fördermaßnahme: AUM, Vertragsnaturschutz, investive Maßnahmen der ländlichen Entwicklung

Wirkungen auf den Naturschutz

- Negative Wirkungen abhängig von Intensität (Viehbesatz, mineral. Dünger, Häufigkeit der Schnittnutzung, etc.)
- Positive Wirkungen durch Erosionsschutz, Vermeidung von Nitratauswaschung, Temperatenausgleich, Landschaftsbild, Lebensraum

Flächenanspruch

- 2010: 4,6 Mio. ha Dauergrünland
- Prognose: Beibehaltung (s. Zielvision)

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - AUM, CC, Greening
 - Standortspezif. Schutzmechanismen des Wasser- / Naturschutzrechts
 - Schutzgebietsverordnungen
 - Vertragsnaturschutz
 - Agrarreform (Entkopplung der Direktzahlungen)
- Definierte Zielvision: GAP 2013: Dauergrünlandflächen müssen ab 2014 einzelbetrieblich erhalten bleiben

Verbesserungsvorschläge

- CC/ Greening: begrenzter Schutzmechanismus, da in Deutschland einzelbetriebl. Auflagen erst greifen, wenn auf Länderebene der Anteil des Dauergrünlands an der gesamten gemeldeten LF um > 5% abgenommen hat → deswegen strengere Umbruchregulierungen bis zu absoluten Umbruchverbot
- Greening: strengere Umbruchs- und Umwandlungsregulierungen
- BNatSchG: konkretere Schutzbestimmungen für ökolog. wertvolle Flächen
- Förderung der energetischen Verwertung von Aufwuchs bei extensiver Nutzung

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.16 Extensivierung der Grünlandnutzung (auf moorigen- /anmoorigen- Standorten); Extensivierung der Moornutzung inkl. Paludikulturen

Kurzbeschreibung

- Extensive Nutzung des Grünlandes als Option, wiedervernässte Moorstandorte weiterhin in landwirtschaftlicher Nutzung zu halten
- Nutzungsoptionen: extensive Beweidung durch Mutterkuhhaltung, Wiedermanagement und Nutzung von Auwäldern in Flussniederungen, extensive Biomasseerzeugung z.B. durch Schilfanbau (Paludikultur)
- Reduzierung / Speicherung von THG-Emissionen

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: je nach Nutzungsform bei Verbesserung des Wasserstandsmanagements $0,5 - 5 \text{ t CO}_{2\text{Äq}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
- Minderungskosten: variabel
- Dauerhaftigkeit: Erhalt der Senken ist reversibel, es können aber über Jahre hinweg hohe Emissionen verhindert werden

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Opportunitätskosten: Ja, Umfang je nach vorheriger Nutzung
- Ertrags- und Qualitätseinbußen der Futterflächen
- u.U. Verringerung des Viehbestands oder Gülleexport erforderlich
- je nach Förderung für energetische Verwendung der Aufwüchse evtl. profitabel

Wirkungen auf den Naturschutz

- Extensive Nutzung nur nachhaltig, wenn ohne tiefe Entwässerung
- Positive Wirkungen auf Boden-, Wasser- und Artenschutz,
- Temperatenausgleich

Flächenanspruch

- Prognose: energetisch nutzbare Biomasse auf wiedervernässten Niedermoorstandorten in Norddeutschland von ca. 210.000 ha

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - CC: Verbot der Änderung der Nutzungsart von Dauergrünland auf Niedermoorstandorten ohne Genehmigung als „Grundanforderung an die Betriebsführung“
 - § 17 BBodSchG, § 5 BNatSchG: intensive Nutzung auf Moorstandorten entspricht nicht GfP
 - Direktzahlungen: bisher z.T. eingeschränkte Anerkennung dauerhaft vernässter Flächen als landwirtschaftliche Nutzflächen; somit kein Anspruch auf Flächenprämien oder Prämien aus AUM
- Definierte Zielvision: keine

Verbesserungsvorschläge

- GAP 2013: Explizite Einbeziehung von genutzten Rieden und Röhrrichten in die Definition „landwirtschaftlicher Flächen“
- Mehr Anreize für umweltverträgliche Nutzungsweisen von Mooren
- Paludikultur: Aufbau von Beratungsnetzwerken in Anlehnung an Energieberatung; Integration in die Agrarberatung und in betriebliche Entwicklungskonzepte
- Investive Förderung für Paludikultur-Maschinen

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten	← stark variabel →		
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.1.17 Moorrenaturierung / Wiedervernässung

Kurzbeschreibung

- Erhöhung des Wasserspiegels in entwässerten Mooren (Aufgabe der Ackernutzung und i.d.R. der intensiveren Grünlandnutzung)
- Reduzierung / Speicherung von THG-Emissionen

Wirkungen auf den Klimaschutz

- THG-Vermeidung: Bis zu 40 t CO_{2äq} ha⁻¹ a⁻¹
- Minderungskosten:
 - zw. 10 - 135 €/t CO_{2äq}
 - bei Maßnahmendauer von 20 Jahren
- Dauerhaftigkeit: Erhalt der Senken ist reversibel, verhindert über Jahre hinweg sehr hohe Emissionen
- Verlagerungseffekte: bei Vernässung können CH₄-Emissionen ansteigen

Wirkungen auf die Landwirtschaft

- Meist Flächenkauf durch öffentliche Hand
- Ertrag der landw. Produktion: Grünlandnutzung nach Vernässung unrealistisch
- Verfügbare Fördermaßnahme: Spezifische Fördermaßnahmen (oft Landesebene); Direktzahlungen (Einbezug von Landschaftselementen in förderfähige Fläche)

Wirkungen auf den Naturschutz

- Positive Wirkungen
 - Bodenschutz
 - Wasserschutz (weniger Austragungen)
 - Kaltluftproduktion, Temperatenausgleich, Luftbefeuchtung
 - Vielfältiges Landschaftsbild
 - Wiederherstellung von Biotopen

Politische Rahmenbedingungen

- Aktuell beeinflusst durch:
 - CC (Verbot, relevante Landschaftselemente zu beseitigen)
 - Natura2000, FFH-RL
 - WRRL
 - Direktzahlungen
 - § 17 BBodSchG, § 5 BNatSchG (Grünlandumbruch auf Moorstandorten ist zu unterlassen)
- Definierte Zielvisionen auf Landesebene (z.B. MV: „Rückführung von 16.000ha Acker auf Niedermoor in Grünland“)

Flächenanspruch

- Aktuell: 1,8 Mio. ha Moorfläche 2009
- Prognose:
 - theoretischer Flächenbedarf bei Vernässung aller Moorflächen: 1.400.000 ha
 - Ausbau nur bei Bereitstellung entsprechender Finanzmittel

Verbesserungsvorschläge

- GAP 2013: Explizite Einbeziehung von genutzten Rieden und Röhrrichten in die Definition „landwirtschaftlicher Flächen. Höhere Anreize zur Wiedervernässung

Kurzbewertung

	gering	mittel	hoch
THG-Minderungspotential			
THG-Minderungskosten			
Synergien mit Naturschutz			
Raumwirksamkeit			

9.2 Literatúrauswertung zu Kurzumtriebsplantagen

- Ali W. (2009): Modelling of Biomass Production Potential of Poplar in Short Rotation Plantations on Agricultural Lands of Saxony, Germany, A thesis submitted in partial fulfilment of the examination requirements to obtain the academic degree of Doctor rerum silvaticarum, Dresden (Dr. rer. silv.) <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-ds-1237199867841-24821>
- Armbruster M., Wiesler F., Fischer, H. (2011): Brennholz vom Acker. Anbau schnellwachsender Hölzer auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb – Baumarten und Standorteignung. Rheinische Bauernzeitung, 9/2011, S. 28-30.
- Aust C. (2012): Abschätzung der nationalen und regionalen Biomassepotentiale von Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Brsg. http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/8630/pdf/Dissertation_Aust_KUP_Potentiale.pdf
- Bärwolff M., Hansen H., Hofmann M., F. Setzer(2012): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow. http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/e/n/energieholz_dina5_web_3.pdf
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2010a): Bioenergie und Naturschutz, Synergien fördern Risiken vermeiden, Positionspapier des BfN. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/bfn_position_bioenergie_naturschutz.pdf
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2010b): Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt, Anbauanforderungen und Empfehlungen des BfN, Positionspapier des BfN. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbareenergien/bfn_energieholzanbau_landwirtschaftliche_flaechen.pdf
- Boelcke, B. (2006): Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Meckl.-Vorp. Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen - Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz, herausgegeben vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. http://www.dendrom.de/daten/downloads/boelcke_leitfaden%20energieholz.pdf
- Brodbeck F. und M. Nahm (2011): Techniken für die Ernte von Kurzumtriebsplantagen, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Waldnutzung, http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1299749_l1/ltz_Brodbeck%20u.%20Nahm%20-%20%20Erntetechnik%20f%C3%BCr%20Kurzumtriebsholz.pdf
- BUND (2010): Kurzumtriebsplantagen für die Energieholzgewinnung – Chancen und Risiken – BUND Positionspapier http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/landwirtschaft/20100714_landwirtschaft_bund_position_55_KUP.pdf
- Burger F., W. Sommer und G. Ohrner (2005): LWF Merkblatt 19 Anbau von Energiewäldern. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. <http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-merkblaetter/mb-19-energiewaelder.pdf>
- Burger F. (2004): Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft, Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 35. http://www.dendrom.de/daten/downloads/ATB_Heft35.pdf

- Burger F. und W. Sommer (2003): Einmal pflanzen, mehrfach ernten, Von der Pappel bis zum Hackschnitzel. Moderne Erntetechnik für Energiewälder, LWFaktuell, Nr. 39/2003 S.4-6. <http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-aktuell/39-forsttechnik/a39-02-von-der-pappel-bis-zum-hackschnitzel.pdf>
- CREFF (2012): Technical guide Short rotation coppice
http://www.creff.eu/var/creff/storage/htmlarea/2977/file/Annex%200_1_%20CREFF%20SRC%20technical%20guideline_english.pdf
- Feger K.-H., K. Schua (2011): II.4 Arbeitspaket 4: Standortsbewertung, Bodenfunktionen und Wasserhaushalt, In Bemann Albrecht und Benito Böhnisch, (2011) Schlussbericht, GREENERGY – Anbau schnellwachsender Baumarten auf Grünlandstandorten zur Erhöhung des Rohstoffpotenzials für die energetische Holzverwendung.
http://boku.forst.tu-dresden.de/pdf/Abschlussbericht_Schua.pdf
- Fischer, H.W. (2011): Kurzumtriebsplantagen in Rheinland-Pfalz, Zentralstelle der Forstverwaltung, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF)
http://www.bioenergie-portal.info/fileadmin/bioenergie-beratung/rheinland-pfalz-saarland/dateien/Fischer_KUP_RLP_Praxistag.pdf
- Gerold D., Landgraf D., Wolf H. und M. Schilbach (2009): Bewirtschaftungsstrategien von Kurzumtriebsplantagen, In: REEG, T. et al. (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, Germany, Wiley-VCH, S. 73-82.
- Große W., Landgraf D., Scholz V. und Brummack J. (2008): Ernte und Aufbereitung von Plantagenholz. Schweiz Z. Forstwes. 159 Nr. 6 S. 140–145. http://www.fib-finsterwalde.de/_files/pdf/Veroeffentlichungen/27.pdf
- Grunert M., Becker R. (2011): Schnellwachsende Baumarten Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen Herausgeber Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12641/documents/13783>
- Gullich P. (2010): Standorteignung für die Anlage ertragreicher Kurzumtriebsplantagen in Thüringen, Themenblatt-Nr.: 94.12, Stand: 29.04.2010 Hrsg. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. <http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-20332/umtr0410.pdf>
- Hofmann M. (2002): Anbau von Pappeln auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen zur Erzeugung von Holzstoff für die Papierherstellung. – Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten Merkblatt 12. – Hann. Münden, 24S.
http://mediathek.fnr.de/downloadable/download/sample/sample_id/179/
- Hofmann M. (1998): Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten Hann. Münden Merkblatt 11 August 1998.
http://www.dendrom.de/daten/downloads/hofmann_merkblatt.pdf
- Jauschnegg H., Metschina C., T. Loibnegger (2009): Kurzumtrieb Energieholz vom Acker, Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark, 8010 Graz, Hamerlinggasse 3, Tel.: +43 (0) 316 8050, www.lk-stmk.at
- Jug A. (1999): Ernährungs- und standortkundliche Untersuchungen, In Hofmann, M. (1999) Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ Zusammenfassender Abschlussbericht, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 13, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- Liebhart P. (2010): Energieholz im Kurzumtrieb - Rohstoff der Zukunft. Leopold Stocker Verlag. Graz. 2. Aufl. 123 S.
- Nahm M. (2011): KUP: Erntetechnik - Transportlogistik – Lagerung, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Abteilung Waldnutzung Freiburg, Dr. Michael

- Nahm, Erntetechniken KUP, 01.06.2011, KUP-Tagung Rottenburg,
http://www.bioenergie-portal.info/fileadmin/bioenergie-beratung/baden-wuerttemberg/dateien/2011_Vortr%C3%A4ge_KUP_Rottenburg/Nahm_ErnteKUP_Rottenburg2011.pdf
- Petzold R. (2010): 6 Standorteignung, 6.1 Allgemeine Standorteignung, In Skodawessely, C.; Pretzsch, J.; Bemann, A. (2010): Beratungshandbuch zu Kurzumtriebsplantagen. Entscheidungsgrundlagen zur Etablierung von Kurzumtriebsplantagen in Deutschland. Eigenverlag TU Dresden, Dresden.
- Petzold R., Feger K-H., Röhle H. (2010): Standörtliche Voraussetzungen für Kurzumtriebsplantagen. In: AGROWOOD -Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Hrsg. Bemann, A.; Knust, C., Weißensee Verlag Berlin 2010, S. 44 – 53.
- Röhle H. und K. Skibbe (2011): Ertragsschätzung in Kurzumtriebsplantagen (KUP) aus Pappel und Weide, Symposium FastWOOD – ProLoc – Weidenzüchtung, Hann. Münden, 21.-22.09.2011 http://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Veranstaltungen/2011/09_RoehleH_Ertragsschaetzung_in_Kurzumtriebsplantagen_aus_Pappel_und_Weide.pdf
- Röhrich C., Ruscher K. (2009): Anbauempfehlungen: Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb Herausgeber Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13410/documents/15185>
- Rottmann-Meyer, M.-L. (2010): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen in Niedersachsen, Hrsg.: 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe, Werlte. http://www.3n.info/download.php?file=pdf_files/InfomaterialDownloadsAnbauhinweise/101004_3n_kup_broschuere_webversion.pdf
- Schildbach M., Hofmann M., Wolf H. (2010): Anlage und Etablierung von Kurzumtriebsplantagen. In: AGROWOOD -Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Hrsg. Bemann A., Knust, C.(2010), Weißensee Verlag Berlin, S. 65 – 73.
- Schildbach M., Grünwald H., Wolf und B.-U. Schneider (2009): Begründung von Kurzumtriebsplantagen: Baumartenwahl und Anlagewahl, In: REEG, T. et al. (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, Germany, Wiley-VCH. S. 57-71.
- Schmidt P. A. und T. Glaser (2009): Kurzumtriebsplantagen aus der Sicht des Naturschutzes, In: REEG, T. et al. (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, Germany, Wiley-VCH. S. 161-170.
- Scholz V., F. R. Lorbacher und H. Spikermann (2009a): Technologien der Ernte und Rodung von Kurzumtriebsplantagen, In: REEG, T. et al. (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim, Germany, Wiley-VCH. S. 99-112.
- Scholz V., Eckel H., Hartmann, S. (2009b): Verfahren und Kosten der Energieholzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen. In: Die Landwirtschaft als Energieerzeuger. KTBL-Schrift 476, S. 67–80.
- Scholz V., Boelcke B., Burger F., Hofmann M., A. Vetter (2006): Agrartechnik Bornim, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen – Merkblatt. http://www.dendrom.de/daten/downloads/ktbl_merkblatt.pdf
- Schöne F. und J. Degmair (2008): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes, Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. Berlin. http://www.user.gwdg.de/~hschult1/gbi/nabu-studie_energieholz.pdf

- Schulte M. und K. Michalk (2011): II.2 Arbeitspaket 2: Juristische Analyse, In Bemann Albrecht und Benito Böhnisch, (2011): Schlussbericht, GREENERGY – Anbau schnellwachsender Baumarten auf Grünlandstandorten zur Erhöhung des Rohstoffpotenzials für die energetische Holzverwendung. http://boku.forst.tu-dresden.de/pdf/Abschlussbericht_Schua.pdf
- Schulte M., Michalk K., Glaser T., Knust C., Lohner P. und A. Bemann (2010): 1.1 Rechtliche Rahmenbedingungen für Kurzumtriebsplantagen, In Bemann, A./Knust, C. (Hrsg.) 2010 AGROWOOD, Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven, Weißensee Verlag Ökologie, S.15-29.
- Schweier J. (2012): Ernte und Transport von Biomasse, Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, http://www.bioenergie-portal.info/fileadmin/bioenergie-beratung/baden-wuerttemberg/dateien/2012_Vortr%C3%A4ge_Praxistag_Kup/Ernteverfahren_und_Transport_Schweier_01.pdf
- Schweier J. und G. Becker (2012): Harvesting of short rotation coppice – Harvesting trials with a cut and storage system in Germany. *Silva Fennica* 46(2): 287–299. <http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf46/sf462287.pdf>
- Traupmann P. (2004): Anleitung zur Anlage von Kurzumtriebsflächen. Unter Mitarbeit von Renate Kleinhappl, Europ. Zentrum f. Erneuerb. Energie, H.J. Wippermann, Univ. Hamburg u. Walter Holzer, Bioenergie Burgenland. Erstellt im Auftrag von FFP - Forst-Platte-Papier.
- Unsel R., Möndel A., Textor B., Seidl F., Steinfatt K., Kaiser S., Thiel M., Karopka M., M. Nahm (2010): Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg, Hrsg.: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ). <http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/bro/Kurzumtriebsflaechen.pdf>
- Wagner P., Schweinle J., Setzer F., Kröber M., M. Dawid (2012) DLG-Merkblatt 372 DLG-Standard zur Kalkulation einer Kurzumtriebsplantage, Hrsg.: DLG e. V. http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_372.pdf
- Wauer A. und J. Hamber (2010): Holzernte in steilen Hanglagen, LWF Merkblatt 13, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). <http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-merkblaetter/mb-13-holzernte-hanglagen.pdf>
- Wolf H., Schildbach M. und K.-U. Hartmann(2010): 1.2 Plantagenbaumarten und deren Züchtung, In Bemann A./Knust C. (Hrsg.) (2010): AGROWOOD, Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven, Weißensee Verlag Ökologie, S.30-43.
- Wühlisch v. G. (2012): Pappeln und Weiden in Deutschland: Bericht der nationalen Pappelkommission, Zeitraum: 2008-2011. *Poplars and Willows in Germany: Report of the National Poplar Commission Time period: 2008-2011.* Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/vTI/Bilder/Startseite/Startseite_2012/1210_Pappeln+Weiden_Bericht%20dt.pdf

9.3 Bestimmung der Biomasseertragsfunktion für Robinien (*Robinia pseudoacacia* L.) auf Kurzumtriebsplantagen

Die Wachstumsfunktion für Robinien-KUP basiert auf einer Auswertung von verschiedenen Studien und Veröffentlichungen zu Robinien und Kurzumtriebsplantagen (siehe dazu 9.4). Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wurde der Zusammenhang zwischen Robinien-KUP-Biomasseertrag und den in den Studien angegebenen Wachstumsbedingungen:

Umtriebszeit, Nutzbare Feldkapazität (nFK), Jahresniederschlag und Temperatur untersucht. In der unten dargestellten Tab. 24: Robinienwachstumsfaktoren Zusammenhang zwischen: Ertrag, Umtriebszeit, nutzbarer Feldkapazität (nFK), Jahresniederschlag und Jahresdurchschnittstemperatur

(dargestellt ist das jeweilige Bestimmtheitsmaß. Der maximale Wert für R² ist fett angegeben, inkl. Signifikanzniveau)

sind Zusammenhänge (Bestimmtheitsmaß) zwischen den verschiedenen Faktoren angegeben. Das Produkt aus Ertrag und Umtriebszeit zeigt mit einem Bestimmtheitsmaß von R² = 0,7246 den engsten Zusammenhang zum Quotienten aus nutzbarer Feldkapazität (nFK) und Jahresniederschlag. Das Ergebnis ist hoch signifikant.

Tab. 24: Robinienwachstumsfaktoren Zusammenhang zwischen: Ertrag, Umtriebszeit, nutzbarer Feldkapazität (nFK), Jahresniederschlag und Jahresdurchschnittstemperatur (dargestellt ist das jeweilige Bestimmtheitsmaß. Der maximale Wert für R² ist fett angegeben, inkl. Signifikanzniveau)

Faktor	Ertrag	Ertrag / Umtrz.	Ertrag * Umtrz.
nFK	R ² =0,3058	R ² =0,0227	R ² =0,6917
Niederschlag	R ² =0,0102	R ² =0,0602	R ² =0,0122
Temperatur	R ² =0,0363	R ² =0,0599	R ² =0,0023
nFK * Niederschlag	R ² =0,3013	R ² =0,0185	R ² =0,6305
nFK / Niederschlag	R ² =0,2979	R ² =0,0295	R²=0,7246***

Signifikanzniveaus sind z.m. weggelassen, aus Gründen der Übersichtlichkeit.

*** = hoch signifikant

Aus dem in Abb. 26 dargestellten Zusammenhang zwischen dem Ertrag und den erklärenden Variablen Umtriebszeit, nutzbarer Feldkapazität und Jahresniederschlag ergibt sich die folgende Wachstumsformel für Robinien-KUP:

$$y = 948,56x^2 - 151,47x + 16,25$$

mit R² = 0,7246 ***

somit gilt für Robinien-KUP:

$$BM = (948,56 (nFK / Niedersch.)^2 - 151,47 (nFK / Niedersch.) + 16,25) / Umtrz.$$

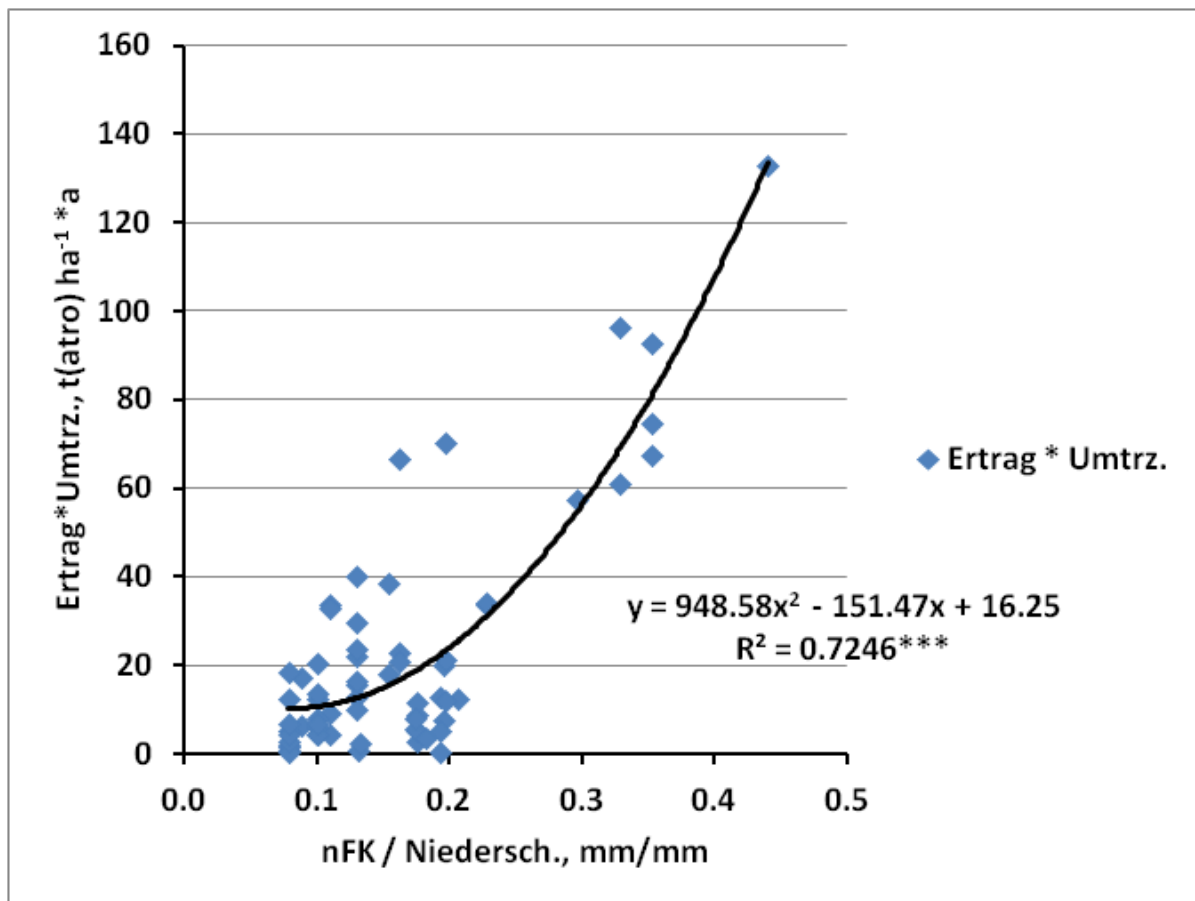


Abb. 26: Beziehung zwischen dem Produkt aus Robinienenertrag und Umtriebszeit und dem Quotient aus der nutzbaren Feldkapazität (nFK) und der Jahresniederschlagsmenge (nach Angaben aus Literaturquellen s. 9.4).

9.4 Literaturangaben zu Robinien und Kurzumtriebsplantagen

- Böhm C., Quinkenstein A., Freese, D., Hüttl R. F. (2009): Kurzumtriebsplantage auf Niederlausitzer Rekultivierungsflächen: Wachstumsverlauf von vierjährigen Robinien, In: AFZ-Der Wald, 64, 10/2009. 532-533 p
- Engel J. und D. Knoche (2011): Energie aus dem Stock – Zur Bewirtschaftung der Robinie im Schnellumtrieb, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. 47, 26-3. http://www.fib-finsterwalde.de/_files/pdf/Veroeffentlichungen/331.pdf
- Ertle C., Böcker L. und D. Landgraf (2008): Wuchspotential von Stockausschlägen der Robinie, Forstliche Rekultivierungsflächen, Energieholz, AFZ-Der Wald 18/2008, S. 994-995.
- Grünewald H., Böhm C., Quinkenstein A., Grundmann P., Eberts J., v. Wühlisch G. (2009): *Robinia pseudoacacia* L.: A lesser known tree species for biomass production (2009) Bioenergy Research, 2 (3), pp. 123-133.
- Grünewald H., Böhm C., Bärwolff M., Wöllecke J., Quinkenstein, A., Hoffmann J. (2010): Ökologische Aspekte von Agroforstsystemen. Gülzower Fachgespräche, Bd. 34, Seiten 233-263.
- Knoche D. und J. Engel (2012a): Pilotprojekt zum Kurzumtrieb der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) in Brandenburg Pilot project concerning coppice management of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the Federal State of Brandenburg, aus Beiträge

- aus der NW-FVA, Band 8, 2012, S. 143 – 1.
http://webdoc.sub.gwdg.de/univerlag/2012/NWFVA_8.pdf
- Knoche D. und J. Engel (2012b): Robinie: Lichtbaumart beendet ihr Schattendasein, Nr. 1 Holz-Zentralblatt, S 16-17.
- Landgraf D., C. Ertle und L. Böcker (2005): Wuchspotential von Stockausschlägen der Robinie auf Bergbaufolgeflächen, Ausbau der Energieversorgung in der Niederlausitz, Energieholz, AFZ-Der Wald 14/2005, S. 748-749.
- Landgraf D., C. Ertle und L. Böcker (2007): Stockausschlagpotential von Aspe und Robinie, Bergbaufolgelandschaften in der Niederlausitz, Energieholz, AFZ-Der Wald 2/2007, 80-83.
- Müller F. (1990): Die Robinie als Biomasseproduzent in Kurzumtriebsplantagen, Österreichische Forstzeitung 5/1990, 22-24.
- Peters K., G. Bilke, B. Strohbach, (2007): Ertragsleistung sechsjähriger Robinien (*Robinia pseudoacacia*) auf vier ehemaligen Ackerstandorten unterschiedlicher Bodengüte in Brandenburg, Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie, 41 (2007), pp. 26–28.
- Quinkenstein A., Pape D., Freese D., Schneider B.U. und Hüttl R.F., (2012): Biomass, Carbon and Nitrogen Distribution in Living Woody Plant Parts of *Robinia pseudoacacia* L. Growing on Reclamation Sites in the Mining Region of Lower Lusatia (Northeast Germany), International Journal of Forestry Research, 2012, Article ID. <http://www.hindawi.com/journals/ijfr/2012/891798>
- Schneider U., Grünewald H., Hüttl R.F. (2004): Produktion von Holz auf Neulandstandorten. In Energieholzproduktion in der Landwirtschaft - Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie. Bornimer Agrartechnische Berichte 35, 41-52. http://www.dendrom.de/daten/downloads/ATB_Heft35.pdf
- Schneider U., H. Grünewald und R. F. Hüttl (2005): Wuchsleistung und Bodenentwicklung von Pappel- und Robinienplantagen Eberswalde, 27. November 2005 Tagung „Holz - die kosteneffiziente Energie der Zukunft“ http://www.robinwood.eu/uploads/Schneider%20Eberswalde_2.pdf
- Schüler S., Weißenbacher L., Sieberer K. (2006): Auf die Sorte kommt es an. Forstzeitung, Leopoldsdorf, 117(8): 8-9.
- Werner A., A. Vetter , G. Reinhold (2006): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 21. http://www.dendrom.de/daten/downloads/vetter_leitlinie%20energieholz%202006.pdf

9.5 Bestimmung der Ernte-, Transport- und Trocknungskosten sowie der Erlöse

In Tab. 25 sind die jährlichen Kosten bei Einsatz der verschiedenen KUP-Erntetechnik für unterschiedliche Erträge angegeben. Die Werte der Tabelle sind mit Hilfe des KUP-Kalkulators 2.0 (Schweinle 2012) ermittelt worden. Dieser wurde dafür so angepasst, dass in die Berechnung der Erntekosten Zuwachs und Umtriebszeit mit einfließen. Die folgende Tab. 26 gibt die für die Kalkulation angenommenen Kosten für Transport und Trocknung sowie die Erlöse der Hackschnitzel (gemäß CARMEN 2013) wieder.

Tab. 25: Kosten für die Ernte von Kurzumtriebsplantagen in Abhängigkeit von der eingesetzten Technik (Gehölmähhäcksler, Mähsammler und Motormanueller Ernte) und dem Ertragsniveau, Angabe von Ø-Erntekosten sowie Minima und Maxima. *)

	Gehölz- Mähhäcksler			Mähsammler			Motormanuelle Ernte		
	Ø Ernte- kosten	Min.	Max.	Ø Ernte- kosten.	Min.	Max.	Ø Ernte- kosten	Min.	Max.
	27,0	10,0	50,0	57,3	34,9	80,0	69,5	42,5	125,0
Erträge t(atro)	Kosten € a ⁻¹								
1	42	25	65	72	49	95	84	57	140
2	84	50	130	144	99.8	190	169	115	280
3	126	75	195	216	149	285	253	172	420
4	168	100	260	289	199	380	338	230	560
5	210	125	325	361	249	475	422	287	700
6	252	150	390	433	299	570	507	345	840
7	294	175	455	506	349	665	591	402	980
8	336	200	520	578	399	760	676	460	1120
9	378	225	585	650	449	855	760	517	1260
10	420	250	650	723	499	950	845	575	1400
11	462	275	715	795	548	1045	929	632	1540
12	504	300	780	867	598	1140	1014	690	1680
13	546	325	845	939	648	1235	1098	747	1820
14	588	350	910	1012	698	1330	1183	805	1960
15	630	375	975	1084	748	1425	1267	862	2100
16	672	400	1040	1156	798	1520	1352	920	2240
17	714	425	1105	1229	848	1615	1436	977	2380
18	756	450	1170	1301	898	1710	1521	1035	2520
19	798	475	1235	1373	948	1805	1605	1092	2660
20	840	500	1300	1446	998	1900	1690	1150	2800
21	882	525	1365	1518	1047	1995	1774	1207	2940
22	924	550	1430	1590	1097	2090	1859	1265	3080
23	966	575	1495	1662	1147	2185	1943	1322	3220
24	1008	600	1560	1735	1197	2280	2028	1380	3360
25	1050	625	1625	1807	1247	2375	2112	1437	3500
26	1092	650	1690	1879	1297	2470	2197	1495	3640

*) Werte mit Hilfe des KUP-Kalkulators 2.0 (Schweinle 2012) berechnet.

Tab. 26: Für die Kalkulation angenommene Kosten für Hackschnitzeltransport und Trocknung sowie Erlöse (gemäß CARMEN 2013)

Kosten			Erlöse	
Transport	Trocknung			
	Investition	Wärme		
€ t ⁻¹ (LWF)	€ t (atro) ⁻¹	€ t (atro) ⁻¹	€ MWH ⁻¹	€ t (atro) ⁻¹
12,5	4	30	30	150