

Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung

Gutachten

November 2016



Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL

Prof. Dr. Harald Grethe (Vorsitzender); Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften

Dr. Hiltrud Nieberg (stellvertretende Vorsitzende); Thünen-Institut, Institut für Betriebswirtschaft

Prof. Ulrike Arens-Azevedo; Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Dep. Ökotoxologie

Prof. Dr. Alfons Balmann; Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO); Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften

Prof. Dr. Hans Konrad Biesalski; Universität Hohenheim, Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft

Prof. Dr. Regina Birner; Universität Hohenheim, Institut für Agrarökonomie und Sozialwissenschaften in den Tropen und Subtropen

Prof. Dr. Wolfgang Bokelmann; Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften

Prof. Dr. Olaf Christen; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften

Prof. Dr. Dr. Matthias Gauly; Universität Bozen, Fakultät für Naturwissenschaften und Technik

Prof. Dr. Ute Knierim; Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften

Prof. Dr. Uwe Latacz-Lohmann; Christian-Albrecht-Universität zu Kiel, Institut für Agrarökonomie

Prof. Dr. José Martinez; Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Landwirtschaftsrecht

Prof. Dr. Monika Pischetsrieder; Universität Erlangen-Nürnberg, Henriette Schmidt-Burkhardt Lehrstuhl für Lebensmittelchemie

Prof. Dr. Matin Qaim; Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung

Prof. Dr. Britta Renner; Universität Konstanz, Fachbereich Psychologie, AG Psychologische Diagnostik und Gesundheitspsychologie

Prof. Dr. Achim Spiller; Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung

Prof. Dr. Friedhelm Taube; Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Dr. Lieske Voget-Kleschin; Christian-Albrecht-Universität zu Kiel, Philosophisches Seminar

Prof. Dr. Peter Weingarten; Thünen-Institut, Institut für Ländliche Räume

Geschäftsführung des WBAE

BMEL, Referat 531, WBAE@bmel.bund.de

Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik beim BMEL

Prof. Dr. Hermann Spellmann (Vorsitzender); Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt Göttingen

Prof. Dr. Ulrike Pröbstl-Haider (Stellvertretende Vorsitzende); Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung

Prof. Dr. Jürgen Bauhus; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Forstwissenschaften

Prof. Dr. Andreas W. Bitter; Technische Universität Dresden, Institut für Forstökonomie und Forsteinrichtung

Prof. Dr. Matthias Dieter; Thünen-Institut, Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie

Prof. Dr. Peter Feindt; Wageningen University, Chair Group Strategic Communication

Prof. Dr. Ing. Peer Haller; Technische Universität Dresden, Institut für Stahl- und Holzbau

Prof. Dr. Dr. h. c. Reinhard F. Hüttl; Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungszentrum GFZ

Prof. Dr. Friederike Lang; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Forstwissenschaften

Prof. Dr. Jørgen Bo Larsen; University of Copenhagen

Prof. Dr. Bernhard Möhring; Georg-August-Universität Göttingen, Abt. für Forstökonomie und Forsteinrichtung

Prof. Dr. Irene Neverla; Universität Hamburg, Institut für Journalistik und Kommunikationswissenschaft

Prof. Dr. Manfred Niekisch; Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Ökologie, Evolution und Diversität

Prof. Dr. Klaus Richter; Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzwissenschaft

Prof. Dr. Hubert Weiger; Universität Kassel

Geschäftsführung des WBW

BMEL, Referat 533, 533@bmel.bund.de

Externe Wissenschaftler, die an der Erstellung des Gutachtens beteiligt waren

Prof. Dr. Andreas Bolte; Thünen-Institut, Institut für Waldökosysteme

Dr. Matthias Bösch; Thünen-Institut, Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie

Dr. Toni Meier; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, und Kompetenzcluster nutriCARD (Kompetenzcluster für Ernährung und kardiovaskuläre Gesundheit)

Bernhard Osterburg; Thünen-Institut, Institut für Ländliche Räume, Stabsstelle Klimaschutz

Dr. Joachim Rock; Thünen-Institut, Institut für Waldökosysteme

Sebastian Rüter; Thünen-Institut, Institut für Holzforschung

Wissenschaftliche Zuarbeit zum Gutachten

Dr. Steffen Entenmann; Universität Hohenheim, Institut für Agrarpolitik und Landwirtschaftliche Marktlehre

Zweite Auflage

In der zweiten Auflage wurden gegenüber der ersten Auflage in den Tabellen 2.3, 2.5, 2.6 und 5.3 sowie in Abbildung 6.1 einzelne Angaben korrigiert.

Fotos Titelseite

Fotos im Uhrzeigersinn von links oben: Thorsten Reinsch (Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und -züchtung), Thorsten Reinsch, Jürgen Bausch (Universität Freiburg, Professur für Waldbau), Arne Poyda (Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und -züchtung), Hermann Spellmann (NW-FVA, Abteilung D), Ralf Rosin (TU München, Holzforschung München); **Foto in der Mitte:** Thomas Stephan (©BLE, Bonn, www.oekolandbau.de)

Das Gutachten kann im Internet heruntergeladen werden unter

http://www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/_Texte/AgrVeroeffentlichungen.html

https://www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/_Texte/WaldpolitikOrganisation.html

Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung

Gutachten des

**Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Ernährung und
gesundheitlichen Verbraucherschutz**

und des

Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik

beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

November 2016

Zitieren als: Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin

Zusammenfassung

Um zu verhindern, dass die globale Erwärmung so stark ansteigt, dass die Auswirkungen auf Ökosysteme und die Gesellschaft unabsehbare negative Folgen entfalten, sind einschneidende Reduzierungen der weltweiten Emissionen von Treibhausgasen (THG) erforderlich. Deutschland und die EU streben an, ihre THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 um mindestens 80 bis 95 % zu reduzieren. Die Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE) und für Waldpolitik (WBW) befürworten ambitionierte globale, aber auch EU- und bundesweite Emissionsziele, sowohl aus Gerechtigkeitsgründen als auch, weil sie im Eigeninteresse Deutschlands und der EU liegen.

Diese ambitionierten Klimaschutzziele lassen sich nur durch eine tiefgreifende Transformation des gesamten Energie- und Wirtschaftssystems hin zu einer drastisch emissionsreduzierten Volkswirtschaft umsetzen. Mit dieser Transformation wird die Flexibilität, Emissionsminderungen nur in einzelnen, besonders kostengünstigen Bereichen umzusetzen, im Zeitverlauf abnehmen. Künftig wird es darum gehen, für alle relevanten Sektoren kostengünstige Emissionsminderungs- oder Kohlenstofffestlegungsstrategien zu entwickeln, frühzeitig die Weichen für Strukturanpassungen und neue Technologien zu stellen und klimaschutzpolitische Fehlinvestitionen zu vermeiden. Dies schließt die Landwirtschaft und die Ernährungswirtschaft bis hin zum Konsum von Lebensmitteln sowie die Forstwirtschaft und Holzverwendung ein. Mit der Langfristigkeit der Transformation gehen notwendigerweise Unsicherheiten im Bereich der Produktion und des klimaschonenden Konsums, aber auch für die Gestaltung einer effizienten Klimaschutzpolitik einher. Klimaschutzpolitische Zwischenziele und Maßnahmen sind daher regelmäßig kritisch zu überprüfen und, falls erforderlich, nachzujustieren. Zu berücksichtigen ist zudem, dass es viele Synergien und auch Konflikte zwischen Klimaschutzmaßnahmen und anderen gesellschaftlichen Zielen wie Umwelt-, Natur- und Tierschutz, Wirtschaftswachstum oder gesunder Ernährung gibt. Diese gilt es abzuwägen.

Hauptziel des Gutachtens ist es, politischen Entscheidungsträgern Empfehlungen für einen effektiven und effizienten Klimaschutz in der Land-, Forst- und Holzwirtschaft sowie im Ernährungsbereich zu geben. Betrachtet wird der Zeitraum bis 2050.

Auf die Landwirtschaft einschließlich der Emissionen aus Acker- und Grünlandflächen¹ entfielen 2014 mit 104 Mio. t CO₂-Äq rund 11 % der gesamten THG-Emissionen Deutschlands (903 Mio. t CO₂-Äq). Die THG-Emissionen, die bei der Herstellung, Vermarktung und Zubereitung der 2006² in Deutschland verzehrten (oder weggeworfenen) Lebensmittel anfielen, entsprachen größenord-

¹ Quellgruppen 3, 4B und 4C der Treibhausgasberichterstattung.

² Für dieses Jahr sind umfangreiche Daten aus der Nationalen Verzehrsstudie II verfügbar. Aktuellere, umfassendere Daten liegen nicht vor.

nungsmäßig einem Viertel der gesamten THG-Emissionen in Deutschland.³ Neben den Mooren gehören Wälder aufgrund ihrer großflächigen Ausdehnung und der hohen Kohlenstoffdichte zu den wirksamsten terrestrischen Kohlenstoffsenken⁴. Allein der jährliche Beitrag zur THG-Minderung durch Speicherungs- und Substitutionseffekte der Forstwirtschaft und Holzverwendung wird für Deutschland auf 127 Mio. t CO₂-Äq geschätzt.

Die Beiräte sprechen folgende **übergeordnete, generelle Klimaschutzempfehlungen** aus:

- Anstrengungen für eine globale Klimaschutzstrategie verstärken
- Bepreisung von THG-Emissionen als anreizorientiertes Instrument nutzen
- Sektorübergreifende THG-Minderungsziele nicht zu kleinteilig herunterbrechen
- Klimaschutzpolitik sektorübergreifend kohärent gestalten
- Transformation zu einer kohlenstoffarmen⁵ Wirtschaft als langfristigen Lern- und Anpassungsprozess auffassen
- Die Quellgruppe Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) in die nationale und die EU-Klimapolitik nach 2020 verstärkt einbeziehen

Basierend auf der Diskussion verschiedener denkbarer klimaschutzpolitischer Instrumente und „technischer“ Emissionsminderungs- und Sequestrierungsmaßnahmen haben die Beiräte **zwei Maßnahmenpakete** erstellt, die sich im angestrebten Klimaschutzniveau unterscheiden. Die kalkulierten Minderungspotenziale (s. Tab. ZF.1) beruhen auf den heutigen Rahmenbedingungen. Zu berücksichtigen ist, dass die Klimaschutzwirkungen der vorgeschlagenen Maßnahmen nicht in allen Fällen berichtsfähig im Sinne der nationalen Treibhausgasberichterstattung sind.

³ Ein relevanter Teil dieser Emissionen ist in den THG-Emissionen der Landwirtschaft erfasst.

⁴ Kohlenstoffsenken sind dynamische Speicher, die CO₂ aus der Atmosphäre aufnehmen. Ihre Speicherkapazität kann im Zeitablauf zu- oder abnehmen.

⁵ Bei dem in der politischen Diskussion gebräuchlichen Begriff „kohlenstoffarme Wirtschaft“ bedeutet „kohlenstoffarm“ „arm an Kohlenstoff aus fossilen Energieträgern“.

Tabelle ZF.1: Potenziale der Emissionsminderungen bzw. zusätzlichen Kohlenstofffestlegungen der Maßnahmenpakete „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“ (in CO₂-Äq/Jahr)

	Moderater Klimaschutz	Ambitionierter Klimaschutz
Landwirtschaft	23 bis 24 Mio. t	40 bis 44 Mio. t
Konsum von Lebensmitteln	14 Mio. t	34-35 Mio. t
Forstwirtschaft und Holzverwendung	28 Mio. t	56 Mio. t
Summe ¹⁾ der erfassten Maßnahmen	65 bis 66 Mio. t	130 bis 135 Mio. t

Anm.: Bei der Interpretation sind die methodischen Hinweise (s. Kap. V der Zusammenfassung) zu beachten.

¹⁾ Bei Konsum von Lebensmitteln und Landwirtschaft liegt teilweise eine Doppelzählung vor.

Quelle: Eigene Darstellung (s. Kap. 6.2).

Landwirtschaft produziert auf dem Großteil der Fläche Lebensmittel und damit Produkte, die nur eingeschränkt substituierbar sind. Die THG-Emissionen der Landwirtschaft sind daher auch in Relation zur jeweiligen Produktionsleistung zu bewerten. Unter den günstigen klimatischen Produktionsbedingungen in Deutschland und bei gleichzeitig weltweit absehbar knapper werdenden landwirtschaftlichen Flächen ist eine flächendeckende Verringerung der Produktionsintensität nicht zu empfehlen. Aussagekräftiger als die THG-Emissionen pro Flächeneinheit sind die THG-Emissionen je Produkteinheit. Die **wichtigsten Empfehlungen** im Bereich der **Landwirtschaft** lauten:

- Landwirtschaftlich genutzte Moore differenziert schützen
- Stickstoffeffizienz der Düngung verbessern
 - Düngerecht verschärfen und konsequenter durchsetzen
 - Stickstoffabgabe einführen, wenn N-Überschüsse nicht hinreichend reduziert werden
 - Weitere Maßnahmen zur N-Effizienzverbesserung der Düngung nutzen
- Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien beschränken
 - Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. aus Kurzumtriebsplantagen) fördern
 - Klimaschutzleistung bestehender Biogasanlagen erhöhen, Neuanlagen nur bei Vergärung hoher Anteile von Gülle oder Reststoffen
- Dauergrünland nach Schutzwürdigkeit gestaffelt schützen
- THG-Vermeidungskosten durch EU-weite Ausschreibungen verringern

In der Diskussion um Minderungsmaßnahmen in der Landwirtschaft werden häufig auch die Maßnahmen Biokraftstoffproduktion, Ausdehnung des ökologischen Landbaus und Substitution von importierten Sojafuttermitteln durch im Inland erzeugte Körnerleguminosen vorgeschlagen.

Auf Basis der derzeit verfügbaren Analysen sehen die Beiräte in diesen Maßnahmen keinen eindeutigen Beitrag zum Klimaschutz.

Wenn Klimaschutzmaßnahmen mit einer Reduktion der landwirtschaftlichen Erzeugung in Deutschland einhergehen und sich nicht gleichzeitig der **Konsum von Lebensmitteln** im Inland verändert, besteht die Gefahr, dass THG-Emissionen lediglich ins Ausland verlagert werden, da die Konsumnachfrage dann verstärkt über Importe gedeckt wird. Neben denjenigen Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft, die keine negative Auswirkung auf die Erzeugungsmengen haben, sind Konsumveränderungen für die Erreichung der Klimaschutzziele daher von großer Bedeutung. Allerdings ist der Konsum von Lebensmitteln ein existenzielles Grundbedürfnis. Im Vordergrund des ernährungsbezogenen Klimaschutzes steht daher nicht die Verringerung des Pro-Kopf-Verbrauchs, sondern die Verlagerung des Konsums auf klimafreundlichere Lebensmittel. Die **wichtigsten Empfehlungen** im Bereich des **Konsums von Lebensmitteln** sind:

- Konsumsteuerung als Politikfeld etablieren
 - Learning-by-Doing-Ansätze nutzen: Multiple Maßnahmen implementieren, empirische Evidenz generieren, neue Steuerungsoptionen nutzen und weiterentwickeln
 - Konsumenten verständlich und motivational wirksam über klimafreundliches Ernährungsverhalten informieren
 - Machbarkeit von Klima-Labels prüfen
 - Kontexte schaffen, die klimafreundliche Ernährung begünstigen
- Den Konsum tierischer Produkte reduzieren
 - Informationskampagnen schärfen und weiterentwickeln
 - Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte abschaffen und sozialpolitisch flankieren
- Auch andere Lebensmittel durch klimafreundlichere ersetzen: Leitungs- statt Mineralwasser trinken, auf Flugware verzichten
- Weniger Lebensmittel wegwerfen
- Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen

Anders als häufig vorgeschlagen, sehen die Beiräte aufgrund des derzeitigen Wissensstands im Konsum von Ökoprodukten sowie von frisch zubereiteten und von in der Region erzeugten Lebensmitteln keinen eindeutigen bzw. generellen Beitrag zum Klimaschutz (wohl aber im Verzicht auf Flugware).

Ohne die Speicherung von Kohlenstoff in Wäldern und Holzprodukten und deren Substitutionsleistung wären gegenwärtig die THG-Emissionen in Deutschland um mehr als 14 % höher als aktuell kalkuliert. Aus verschiedenen Gründen könnte die Mitigationsleistung der Forst- und Holzwirtschaft in Zukunft deutlich abnehmen. Daher sind die **wichtigsten Empfehlungen** im Bereich **Forstwirtschaft und Holzverwendung**:

- Produktive Wälder sichern und Potenziale zum Klimaschutz nachhaltig nutzen
 - Anbau von angepassten und produktiven Baumarten fördern, insbesondere von trockenheitstoleranten Nadelholzarten in Mischbeständen mit Laubholz
 - Anpassung des Waldes an den Klimawandel
- „Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern und deren Kaskadennutzung fördern
- Klimaschutzeffekte bei der Ausweisung von Waldschutzgebieten beachten
- Schutz von Waldböden gewährleisten
- Beratung und Betreuung kleiner und mittlerer Privat- und Kommunalwaldbetriebe zur Erreichung von Klimaschutzziele verbessern
- Kommunikation der positiven Klimaschutzeleistungen der Forstwirtschaft und Holzverwendung verstärken

In der Aufgabe der forstlichen Nutzung von Wäldern sehen die Beiräte keine langfristig geeignete Maßnahme des Klimaschutzes, gleichwohl sie ein wichtiges Instrument zur Erreichung bestimmter Ziele des Biodiversitätsschutzes darstellt.

Die quantitativ **größten Minderungspotenziale** liegen in absteigender Reihenfolge in folgenden Bereichen:

- a) Veränderung der Baumartenzusammensetzung in der forstlichen Produktion (Erhöhung des Nadelbaumanteils) (langfristig⁶ wirksam),
- b) Schutz von Mooren unter derzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung (langfristig umsetzbar/wirksam),
- c) Reduzierung des Konsums tierischer Produkte (mittelfristig wirksam),
- d) Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. aus Kurzumtriebsplantagen) (mittelfristig wirksam),
- e) Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten (langfristig wirksam) und
- f) Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (kurzfristig wirksam).

Die Kosten der Vermeidung von THG-Emissionen liegen in diesen Bereichen je nach Umfang der Umsetzung und Standort häufig unter 50 €/t CO₂-Äq. Bei den konsumseitigen Maßnahmen hängen deren Umsetzbarkeit und die damit verbundenen Kosten stark davon ab, wie sich die Konsumentenpräferenzen im Zeitablauf ändern, z. B. hin zu weniger tierischen Produkten.

Die Maßnahmen unterscheiden sich z. T. deutlich hinsichtlich des Zeitbedarfs, den ihre Umsetzung erfordert, und der Dauer, ab wann die angestrebten Klimaschutzeffekte eintreten. Insbe-

⁶ Langfristig: über 20 Jahre, mittelfristig: über 5 bis 20 Jahre, kurzfristig: bis 5 Jahre.

sondere die Maßnahmen mit den größten Minderungspotenzialen (Erhöhung des Nadelbaumanteils, Moorschutz) sind nur langfristig umsetzbar und brauchen Jahrzehnte, bis sie wirksam werden. Deshalb ist es wichtig, mit der Umsetzung dieser und der weiteren Maßnahmen möglichst rasch zu beginnen.

Abschließend betonen die Beiräte: Ambitionierte Klimaziele sind notwendig. Damit diese erreicht werden können, müssen Land-, Forst- und Holzwirtschaft sowie die Konsumenten von Lebensmitteln stärker als bisher zum Klimaschutz beitragen. Dass hierfür ein großes Potenzial besteht, wird in diesem Gutachten aufgezeigt. Die notwendige Transformation zu einer sog. kohlenstoffarmen Wirtschaft wird Jahrzehnte beanspruchen und sollte daher als langfristiger Lern- und Anpassungsprozess aufgefasst werden. Gerade weil einige vom Minderungspotenzial her gewichtige Klimaschutzmaßnahmen lange Zeit benötigen, um ihre volle Wirkung zu entfalten, ist es dringend geboten, zügig mit der Umsetzung zu beginnen.

Inhaltsübersicht

Zusammenfassung	I
Kurzfassung	i
Langfassung	1
1 Einleitung	1
2 Bestandsaufnahme: Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung sowie Auswirkungen des Klimawandels	7
2.1 Systemgrenzen bei der Ermittlung von THG-Emissionen	10
2.2 Treibhausgasemissionen in Deutschland	15
2.3 Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung im Bereich der Land- und Forstwirtschaft	18
2.4 Treibhausgasemissionen der Ernährung	28
2.5 Bedeutung der Anpassung an den Klimawandel für die Klimaschutzleistungen der Forstwirtschaft und der Landwirtschaft	38
3 Klimapolitische Ziele und klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die Land- und Forstwirtschaft	41
3.1 Klimapolitische Ziele	41
3.2 Klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft	52
3.3 Kritische Einordnung der Klimaschutzziele	73
4 Klimaschutzpolitische Instrumentierung	81
4.1 Einbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in den EU-Emissionsrechtehandel	82
4.2 Steuern und Abgaben als klimaschutzpolitische Instrumente	90
4.3 Ordnungsrechtliche Instrumente	103
4.4 Förderrechtliche Instrumente	108
4.5 Finanzierung klimaschutzpolitischer Fördermaßnahmen	113
4.6 Information, Beratung, Ausbildung, Forschung	115
4.7 Selbstverpflichtungen	120
4.8 Verbraucherseitige Politikinstrumente: Möglichkeiten der Beeinflussung von Konsumverhalten, Zugang zu Lebensmitteln	121

5	Maßnahmen der THG-Minderung bzw. Kohlenstofffestlegung	135
5.1	Klimaschutzmaßnahmen: Kriterien zur Bewertung und Übersicht	135
5.2	Maßnahmen im Bereich der Land- und Ernährungswirtschaft	144
5.3	Maßnahmen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln	201
5.4	Maßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft	257
5.5	Maßnahmen im Bereich Holzwirtschaft und Holzverwendung	293
6	Empfehlungen zur Klimaschutzpolitik	311
6.1	Übergeordnete, generelle Empfehlungen	314
6.2	Maßnahmenpakete im Bereich Land- und Forstwirtschaft sowie Holzverwendung und beim Konsum von Lebensmitteln	318
6.3	Empfehlungen im Bereich Land- und Ernährungswirtschaft	326
6.4	Empfehlungen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln	340
6.5	Empfehlungen im Bereich Forstwirtschaft und Holzverwendung	351
7	Literaturverzeichnis	365
	Anhang	A1-A5
	Veröffentlichungen des WBAE (seit 2007) und des WBW (seit 2016)	

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Kurzfassung	i
I Hintergrund und Motivation	i
II Ziel und Aufbau des Gutachtens	ii
III Bestandsaufnahme: Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung	ii
IV Übergeordnete, generelle Klimaschutzempfehlungen	vi
V Maßnahmenpakete „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“	vii
VI Die wichtigsten Empfehlungen im Bereich Landwirtschaft	xiii
VI.1 Stickstoffeffizienz der Düngung verbessern	xiii
VI.2 Landwirtschaftlich genutzte Moore differenziert schützen	xiv
VI.3 Torfausstiegsstrategie erarbeiten und umsetzen	xv
VI.4 Dauergrünland nach Schutzwürdigkeit gestaffelt schützen	xv
VI.5 Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien beschränken	xvi
VI.6 THG-Vermeidungskosten durch EU-weite Ausschreibungen verringern	xvii
VII Die wichtigsten Empfehlungen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln	xvii
VII.1 Konsumsteuerung als Politikfeld etablieren	xviii
VII.2 Den Konsum tierischer Produkte reduzieren	xx
VII.3 Weniger Lebensmittel wegwerfen	xxi
VII.4 Auch andere Lebensmittel durch klimafreundlichere ersetzen: Leitungs- statt Mineralwasser trinken	xxi
VII.5 Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen	xxii
VIII Die wichtigsten Empfehlungen im Bereich Forst- und Holzwirtschaft	xxii
VIII.1 Produktive Wälder sichern und nachhaltig nutzen	xxii
VIII.2 Schutz von Waldböden gewährleisten	xxiii
VIII.3 Beratung und Betreuung kleiner und mittlerer Privat- und Kommunalwaldbetriebe zur Erreichung von Klimaschutzzielen verbessern	xxiv
VIII.4 Kommunikation der positiven Klimaschutzleistungen der Forstwirtschaft und Holzverwendung verstärken	xxiv
VIII.5 „Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern und deren Mehrfach- bzw. Kaskadennutzung fördern	xxv
IX Klimaschutz verstärken und Potenziale nutzen	xxv

Langfassung	1
1 Einleitung	1
2 Bestandsaufnahme: Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung sowie Auswirkungen des Klimawandels	7
2.1 Systemgrenzen bei der Ermittlung von THG-Emissionen	10
2.1.1 Treibhausgasberichterstattung nach Klimarahmenkonvention	11
2.1.2 Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen	12
2.2 Treibhausgasemissionen in Deutschland	15
2.3 Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung im Bereich der Land- und Forstwirtschaft	18
2.3.1 Quellgruppen 3 (Landwirtschaft) und 4 (LULUCF) und weitere Emissionen aus der Produktion von Lebensmitteln	18
2.3.2 Die CO ₂ -Bilanz der Forstwirtschaft und Holzverwendung	24
2.4 Treibhausgasemissionen der Ernährung	28
2.4.1 Einflussfaktoren in Verarbeitung und Transport	30
2.4.2 Konsumentenverhalten	34
2.5 Bedeutung der Anpassung an den Klimawandel für die Klimaschutzleistungen der Forstwirtschaft und der Landwirtschaft	38
2.5.1 Forstwirtschaft	38
2.5.2 Landwirtschaft	39
3 Klimapolitische Ziele und klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die Land- und Forstwirtschaft	41
3.1 Klimapolitische Ziele	41
3.2 Klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft	52
3.2.1 Marktentwicklungen für land- und forstwirtschaftliche Produkte	52
3.2.1.1 Produkte der Land- und Ernährungswirtschaft	52
3.2.1.2 Forstwirtschaftliche Produkte	55
3.2.2 Klimaschutz und GAP	56
3.2.3 Klimaschutz und NEC-Richtlinie (Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe)	61
3.2.4 Klimaschutz und Wasserrahmenrichtlinie, Nitratrichtlinie und Umsetzung in Deutschland	62
3.2.5 Klimaschutz und Biodiversitätsstrategie	65
3.2.6 Klimaschutz und Waldstrategie	66
3.2.7 Internationale klimaschutzpolitische Initiativen im Bereich Wald	67
3.2.8 Klimaschutz und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	69
3.2.9 Klimaschutz und Bioökonomiestrategie	70
3.2.10 Klimaschutz und 30-Hektar-Ziel	71
3.2.11 Klimaschutz und Initiativen zur Verringerung von Lebensmittelabfällen	72

3.3	Kritische Einordnung der Klimaschutzziele	73
3.3.1	Klimaschutz aus ethischer Sicht	74
3.3.1.1	Treibhausgasreduktionen durch Produzenten	75
3.3.1.2	Treibhausgasreduktionen durch Konsumenten	75
3.3.2	Klimaschutz im Kontext anderer gesellschaftlicher Ziele	77
3.3.3	Die rechtliche Stellung des Klimaschutzes im Vergleich zu anderen gesellschaftlichen Zielen	78
4	Klimaschutzpolitische Instrumentierung	81
4.1	Einbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in den EU-Emissionsrechtehandel	82
4.1.1	Voll- und Teileinbeziehung	83
4.1.2	Kritik an einer Volleinbeziehung	84
4.1.3	Überlegungen zu einer projektbasierten Emissionsreduktion (Teileinbeziehung)	87
4.2	Steuern und Abgaben als klimaschutzpolitische Instrumente	90
4.2.1	Stickstoffabgabe	90
4.2.2	Steuerliche Anreize für Klimaschutz durch Waldwirtschaft	95
4.2.3	Steuern im Konsumbereich	96
4.3	Ordnungsrechtliche Instrumente	103
4.4	Förderrechtliche Instrumente	108
4.4.1	Instrumente im Rahmen der heutigen 1. Säule der GAP	108
4.4.2	Klimaschutz als Teil der ländlichen Entwicklungspolitik	109
4.5	Finanzierung klimaschutzpolitischer Fördermaßnahmen	113
4.6	Information, Beratung, Ausbildung, Forschung	115
4.6.1	Klimaschutzrelevante Forschung in den Agrar-, Ernährungs- und Forstwissenschaften	115
4.6.2	Land- und forstwirtschaftliche Ausbildung	117
4.6.3	Wissensvermittlung durch land- und forstwirtschaftliche Beratung	118
4.6.4	Informationskampagne Klimaschutz für Land- und Forstwirte	119
4.7	Selbstverpflichtungen	120
4.8	Verbraucherseitige Politikinstrumente: Möglichkeiten der Beeinflussung von Konsumverhalten, Zugang zu Lebensmitteln	121
4.8.1	Explizite Ansätze zur Verhaltensänderung	124
4.8.1.1	Informationsappelle	124
4.8.1.2	THG-Labeling	126
4.8.1.3	Einschränkung von Verhaltensoptionen	130
4.8.1.4	Anreize	130
4.8.2	Implizite Ansätze zur Verhaltensänderung	131
5	Maßnahmen der THG-Minderung bzw. Kohlenstofffestlegung	135
5.1	Klimaschutzmaßnahmen: Kriterien zur Bewertung und Übersicht	135
5.1.1	Kriterien zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen	135
5.1.2	Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen	137

5.2	Maßnahmen im Bereich der Land- und Ernährungswirtschaft	144
5.2.1	Reduzierung von Emissionen aus organischen Böden (Moorschutz)	144
5.2.1.1	Schutz von Mooren unter derzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung	144
5.2.1.2	Reduzierung der Verwendung von Torf als Pflanzsubstrat	152
5.2.2	Erhalt von Grünland	155
5.2.2.1	Erhaltung von Dauergrünland	155
5.2.2.2	Umwandlung von Acker- zu Dauergrünland	158
5.2.3	Maßnahmen zur Kohlenstofffestlegung über Moor- und Grünlandschutz hinaus	159
5.2.3.1	Humusschonende Bodenbewirtschaftung	159
5.2.3.2	Einbringung von Biokohle in landwirtschaftlich bewirtschaftete Böden	160
5.2.4	Maßnahmen zur Verbesserung der N-Effizienz der Düngung	161
5.2.4.1	Verbesserung der N-Effizienz der Düngung	161
5.2.4.2	Weitere in der Diskussion befindliche Einzelmaßnahmen zur Verbesserung der N-Effizienz	164
5.2.5	Anbau von Leguminosen	165
5.2.5.1	Substitution von chemisch-synthetischen N-Düngern durch den Einsatz von Leguminosen	165
5.2.5.2	Substitution von importierten Sojafuttermitteln durch im Inland erzeugte Körnerleguminosen	166
5.2.6	Substitution fossiler Energien durch Bioenergie	166
5.2.6.1	Steigerung der Klimateffizienz bestehender Biogasanlagen	168
5.2.6.1.1	Gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager	170
5.2.6.1.2	Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz in Bestandsanlagen	172
5.2.6.2	Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion	175
5.2.7	Emissionsreduzierungen bei der Erzeugung tierischer Produkte	179
5.2.7.1	Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Emissionen	180
5.2.7.1.1	Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Stickstoffemission	180
5.2.7.1.2	Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Methanemission	182
5.2.7.2	Züchterische Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen	185
5.2.7.3	Sperma-Sexing zur gezielten Erzeugung männlicher Mastkälber	188
5.2.7.4	Management und haltungstechnische Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen	189
5.2.8	Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft	192
5.2.9	Verbesserung der Energieeffizienz	195
5.2.10	Reduzierung der Inanspruchnahme land- und forstwirtschaftlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke	199
5.3	Maßnahmen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln	201

5.3.1	Überblick über zivilgesellschaftliche und politische Empfehlungen hinsichtlich klimafreundlichen Konsums	203
5.3.2	Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE	206
5.3.3	Reduzierung von Lebensmittelabfällen	219
5.3.4	Reduzierung des Konsums von Wasser aus Flaschen	226
5.3.5	Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards in der Gemeinschaftsverpflegung	229
5.3.6	Reduzierung von Emissionen bei der Einkaufsfahrt	237
5.3.7	Verzicht auf Flugware	239
5.3.8	Reduktion von Transportemissionen durch Konsum regionaler Produkte	243
5.3.9	Konsum saisonaler Produkte aus dem Freiland bzw. unbeheizten Gewächshäusern	248
5.3.10	Konsum frisch zubereiteter Lebensmittel	251
5.3.11	Konsum von Produkten aus der ökologischen Landwirtschaft	254
5.4	Maßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft	257
5.4.1	Aufforstung, Wiederaufforstung und Vermeidung von Entwaldung	260
5.4.2	Stilllegung von Waldflächen, Reduktion der Holznutzung	268
5.4.3	Veränderung der Produktionssysteme (Produktionszeit)	275
5.4.4	Veränderung der Baumartenzusammensetzung	282
5.4.5	Wiedervernässung von Moorwäldern	290
5.5	Maßnahmen im Bereich Holzwirtschaft und Holzverwendung	293
5.5.1	Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten	294
5.5.2	Steigerung der Effizienz beim Holzrohstoff- und Energieeinsatz in der Holzindustrie	301
5.5.3	Steigerung des Einsatzes von Altholz und der Kaskadennutzung in der Holzindustrie	304
6	Empfehlungen zur Klimaschutzpolitik	311
6.1	Übergeordnete, generelle Empfehlungen	314
6.1.1	Anstrengungen für eine globale Klimaschutzstrategie verstärken (Adressat: Bund, EU)	314
6.1.2	Bepreisung von THG-Emissionen als anreizorientiertes Instrument nutzen (Adressat: Bund, EU)	315
6.1.3	Sektorübergreifende THG-Minderungsziele nicht zu kleinteilig herunterbrechen (Adressat: Bund, EU)	315
6.1.4	Klimaschutzpolitik sektorübergreifend kohärent gestalten (Adressat: Bund, EU, Länder)	316
6.1.5	Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft als langfristigen Lern- und Anpassungsprozess auffassen (Adressat: Bund, EU, Länder, Wirtschaft)	316
6.1.6	Quellgruppe LULUCF in die nationale und die EU-Klimapolitik nach 2020 verstärkt einbeziehen (Adressat: Bund, EU)	317

6.2	Maßnahmenpakete im Bereich Land- und Forstwirtschaft sowie Holzverwendung und beim Konsum von Lebensmitteln	318
6.2.1	Vorbemerkungen	318
6.2.2	Moderater Klimaschutz	321
6.2.3	Ambitionierter Klimaschutz	323
6.3	Empfehlungen im Bereich Land- und Ernährungswirtschaft	326
6.3.1	Stickstoffeffizienz der Düngung verbessern	326
6.3.1.1	Düngerecht verschärfen und konsequent umsetzen (Adressat: Bund, Länder)	326
6.3.1.2	Stickstoffabgabe einführen, wenn N-Überschüsse nicht hinreichend reduziert werden (Adressat: Bund)	328
6.3.1.3	Weitere Maßnahmen zur N-Effizienzverbesserung der Düngung nutzen (Adressat: Länder, Bund, Wirtschaft)	329
6.3.2	Landwirtschaftlich genutzte Moore differenziert schützen (Adressat: Bund, Länder)	329
6.3.3	Torfausstiegsstrategie erarbeiten und umsetzen (Adressat: Bund, Länder)	334
6.3.4	Dauergrünland nach Schutzwürdigkeit gestaffelt schützen (Adressat: Länder, Bund)	335
6.3.5	Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien beschränken	336
6.3.5.1	Förderung der Biokraftstoffe der ersten Generation abbauen (Adressat: Bund)	336
6.3.5.2	Klimaschutzleistung bestehender Biogasanlagen erhöhen, Neuanlagen nur bei Vergärung hoher Anteile von Gülle oder Reststoffen (Adressat: Bund, Länder)	337
6.3.5.3	Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. Kurzumtriebsplantagen) fördern (Adressat: Bund, Länder)	337
6.3.6	THG-Vermeidungskosten durch EU-weite Ausschreibungen verringern (Adressat: Bund)	338
6.3.7	Weitere Empfehlungen	339
6.4	Empfehlungen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln	340
6.4.1	Konsumsteuerung als Politikfeld etablieren	341
6.4.1.1	Learning-by-Doing-Ansätze nutzen: Multiple Maßnahmen implementieren, empirische Evidenz generieren, neue Steuerungsoptionen nutzen und weiterentwickeln (Adressat: Bund)	342
6.4.1.2	Konsumenten verständlich und motivational wirksam über klimafreundliches Ernährungsverhalten informieren (Adressat: Bund, Länder)	342
6.4.1.3	Machbarkeit von „Klima-Labels“ prüfen (Adressat: Bund, Länder, Wirtschaft)	343

6.4.1.4	Kontexte schaffen, die klimafreundliche Ernährung begünstigen: Nudging und Priming als Mittel für eine klimafreundlichere Ernährung nutzen (Adressat: Länder, Kommunen, Wirtschaft)	344
6.4.2	Konsum tierischer Produkte reduzieren (Adressat: Bund, Länder)	345
6.4.2.1	Informationskampagnen schärfen und überarbeiten (Adressat: Bund)	345
6.4.2.2	Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen (Adressat: Länder, Kommunen)	346
6.4.2.3	Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte abschaffen und sozialpolitisch flankieren (Adressat: Bund)	346
6.4.3	Weniger Lebensmittel wegwerfen (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)	348
6.4.4	Auch andere Lebensmittel durch klimafreundlichere ersetzen: Leitungs- statt Mineralwasser trinken (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)	349
6.4.5	Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen (Adressat: Kommunen, Länder, Bund)	350
6.4.6	Weitere Empfehlungen	351
6.5	Empfehlungen im Bereich Forstwirtschaft und Holzverwendung	351
6.5.1	Produktive Wälder sichern und nachhaltig nutzen	352
6.5.1.1	Anbau von angepassten und produktiven Baumarten fördern (Adressat: Bund, Länder, Zertifizierungssysteme)	352
6.5.1.2	Wälder zielgerecht pflegen und nutzen (Adressat: EU, Bund, Länder)	353
6.5.1.3	Waldbesitzer beraten und unterstützen (Adressat: EU, Bund, Länder)	355
6.5.2	Waldböden und Kohlenstoffspeicherung in Waldböden schützen	356
6.5.2.1	Bodenschutz gewährleisten (Adressat: Bund, Länder)	356
6.5.2.2	Waldmoore renaturieren (Adressat: Bund, Länder)	357
6.5.3	Klimaschutz bei Waldnaturschutzmaßnahmen beachten	358
6.5.3.1	Klimaschutzeffekte bei der Auswahl von Waldschutzgebieten berücksichtigen (Adressaten: Bund, Länder, Kommunen)	358
6.5.3.2	Klimaschutzeffekte bei Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen berücksichtigen (Adressat: Bund, Länder und Kommunen)	359
6.5.4	Holzproduktspeicher ausbauen, Substitutionseffekte durch Holz stärken	359
6.5.4.1	„Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern (Adressat: Bund, Länder)	359
6.5.4.2	Kaskadennutzung in der Holznutzung fördern (Adressat: Bund, Industrie)	361

6.5.4.3	Neue Produkte entwickeln (Adressat: Bund, Länder, Industrie)	362
6.5.4.4	Beratung zur Holzverwendung ausbauen (Adressat: Bund)	362
6.5.4.5	Holzforschung und -lehre entwickeln (Adressat: EU, Bund, Länder)	363
6.5.5	Öffentlichkeit über die positiven Klimaschutzwirkungen von Forstwirtschaft und Holzverwendung informieren (Adressat: Bund, Länder)	363
7	Literaturverzeichnis	365
	Anhang	A1-A5
	Veröffentlichungen des WBAE (seit 2007) und des WBW (seit 2016)	

Verzeichnis der Abbildungen

Kurzfassung

Abbildung KF.1:	Größenordnungen der THG-Emissionen, Substitutions- und Speicherleistungen aus Landwirtschaft, Ernährung sowie Forstwirtschaft und Holzverwendung (in Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr, unterschiedliche Jahre)	v
-----------------	---	---

Langfassung

Abbildung 2.1:	Wichtige Treibhausgase und Prozesse land- und forstwirtschaftlich genutzter Ökosysteme	7
Abbildung 2.2:	Größenordnungen der THG-Emissionen, Substitutions- und Speicherleistungen aus Landwirtschaft, Ernährung sowie Forstwirtschaft und Holzverwendung (in Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr, unterschiedliche Jahre)	9
Abbildung 2.3:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Abgrenzung der Sektoren des Aktionsprogramms Klimaschutz 2020	17
Abbildung 2.4:	Gesamtemissionen der Herstellung verschiedener Lebensmittel (vom Anbau bis zum Handel, ohne Verpackung, schwarzer Balken) und THG-Emissionen durch Verpackungen (grauer Balken), bezogen auf 1 kg Frischgemüse, 800 g Konserveninhalt bzw. 500 g gefrorenes Gemüse	32
Abbildung 2.5:	Treibhausgasemissionen pro kg Lebensmittel und CO ₂ -Äq-Emissionen des Gesamtverbrauchs in Deutschland im Jahr 2006	35
Abbildung 2.6:	Treibhausgasemissionen nach verzehrten Lebensmitteln in der Bundesrepublik (1985 bis 1999) bzw. in Deutschland (2006) in t CO ₂ -Äq pro Person/Jahr	37
Abbildung 2.7:	Zusammenhang zwischen der Adaptation von Wäldern an den Klimawandel und dem Beitrag von Wäldern und Holzprodukten zum Klimaschutz (Mitigation)	39
Abbildung 3.1:	Zeitlicher Ablauf der Prozesse und Klimaziele (THG-Reduzierung) auf globaler (UN), EU-, und nationaler Ebene	42
Abbildung 3.2:	Weltmarktpreise für ausgewählte ausgewählte pflanzliche (a) und tierische Agrarprodukte (b), 1971 bis 2024 (in 2014 US\$/t)	53
Abbildung 3.3:	Entwicklung der nominalen Erzeugerpreise für Getreide (a), Rindfleisch und Milchprodukte (b) in Deutschland	54
Abbildung 3.4:	Saldo der Stickstoffgesamtbilanz und Stickstoffnutzungseffizienz der Landwirtschaft in Deutschland (gleitender Dreijahresdurchschnitt)	64

Abbildung 4.1:	Patt-Situations-Zyklus	122
Abbildung 4.2:	Die zwei Verhaltenssteuerungssysteme	123
Abbildung 5.1:	Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) auf Mooren an der gesamten LF und Standarddeckungsbeitrag (StDB) je ha LF auf Gemeindeebene in Deutschland für 2007	145
Abbildung 5.2:	Kraftstoffeinsparpotenzial bei Ackerschleppern durch unterschiedliche Maßnahmen	197
Abbildung 5.3:	Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland (in ha/Tag)	200
Abbildung 5.4:	Treibhausgasemissionen verschiedener Verzehrweisen (in t CO ₂ -Äq/Person und Jahr)	211
Abbildung 5.5:	Ausgewählte Ergebnisse einer Eurobarometerumfrage zum Thema Abfallmanagement und Ressourcennutzung (n = 26.595)	223
Abbildung 5.6:	BMEL-App „Zu gut für die Tonne!“	224
Abbildung 5.7:	Verteilung des Energieverbrauchs einer Großküche	231
Abbildung 5.8:	Transportemissionen, Gesamtemissionen (cradle to store) und Anteil der Transportemissionen an den Gesamtemissionen (cradle to store) ausgewählter Lebensmittel	245
Abbildung 5.9:	Entwicklung von Flächen (a) und Kohlenstoffvorräten (b) (Biomasse, Streu und Totholz) verschiedener Entwaldungs- und Aufforstungsszenarien (in Mio. ha bzw. Mio. t CO ₂ -Äq, ohne Substitutionen)	263
Abbildung 5.10:	Auswirkungen der Umsetzung des 5 %-Ziels (Szenario 5 %) und zusätzlicher Extensivierungen (Szenario 5 + 10 %) auf die jährlichen Substitutionspotenziale (a), die jährliche Neufestlegung von C im Produktspeicher (b) und im Wald (c) sowie das jeweilige Saldo der Szenarien (d)	271
Abbildung 5.11:	Auswirkung einer Änderung der Bewirtschaftung auf die potenzielle Nutzungsmenge für verschiedene Szenarien (B: Basisszenario, D: Szenario „D“ = hinausgezögerte Nutzung, F: Szenario „F“ = stärkere Nutzung) (in Mio. Efm o. R.)	277
Abbildung 5.12:	Auswirkung einer Änderung der Bewirtschaftung auf die C-Emissionen, die mit der Substitution und Speicherung in Biomasse (Bäume > 7 cm BHD) für verschiedene Szenarien verbunden sind (Differenz zum Basisszenario, D: Szenario „D“ = hinausgezögerte Nutzung, F: Szenario „F“ = stärkere Nutzung). Negative Emissionen repräsentieren eine CO ₂ -Sequestrierung bzw. Einsparung	278
Abbildung 5.13:	Flächenanteile der Baumarten im Basis- und im „Nadelholzscenario“	284

Abbildung 5.14:	Nationale Netto-CO ₂ -Emissionen und Einbindungen in Holzprodukten (in 1.000 CO ₂)	298
Abbildung 5.15:	Stofffluss-Modell zur Untersuchung der Effekte von Kaskadennutzung in einem an Bayern angelehnten Holznutzungssystem. EFH: Einfamilienhaus; IH: Industrieholz	304
Abbildung 5.16:	Ausgewählte Umweltwirkungen der Holznutzung in Bayern ohne (links) und mit (rechts) Berücksichtigung von Substitutionseffekten. Gruppierte Säulen zeigen den Unterschied zwischen Modellierung mit (K) und ohne (oK) Kaskadennutzung als Teil des Systems	305
Abbildung 6.1	THG-Emissionen in Deutschland 1990 und 2014 für die Landwirtschaft und die übrigen Sektoren sowie ausgewählte Kombinationen zur Erreichung der Reduktionsziele 2050	313

Verzeichnis der Tabellen

Zusammenfassung

Tabelle Z.1:	Potenziale der Emissionsminderungen bzw. zusätzlichen Kohlenstofffestlegungen der Maßnahmenpakete „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“ (in CO ₂ -Äq/Jahr)	III
--------------	--	-----

Kurzfassung

Tabelle KF.1:	Potenziale der Emissionsminderungen bzw. zusätzlichen Kohlenstofffestlegungen der Maßnahmenpakete „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“ (in CO ₂ -Äq/Jahr)	viii
Tabelle KF.2:	Wichtige Maßnahmen in den Maßnahmenpaketen „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“ differenziert nach Bereich und dem Zeithorizont der TGH-Minderung	x

Langfassung

Tabelle 2.1:	THG-Emissionen in den Quellgruppen 3 (Landwirtschaft) und 4 (LULUCF) (in Mio. t CO ₂ -Äq und Änderungen 2014 zu 1990 in %)	19
Tabelle 2.2:	Treibhausgasemissionen von Gemüse bei Anbau im Freiland und im beheizten Treibhaus	21
Tabelle 2.3:	Kumulierte THG-Emissionen aus der Bereitstellung von Vorleistungen für die Landwirtschaft (2007)	22
Tabelle 2.4:	Durch erneuerbare Energien 2014 in Deutschland vermiedene THG-Emissionen aus fossilen Quellen (in Mio. t CO ₂ -Äq) und iLUC Kennzahlen	23
Tabelle 2.5:	Anhaltswerte für die Lebensdauer verschiedener Holzprodukte (in denen der Kohlenstoff unterschiedlich lang gespeichert bleibt)	25
Tabelle 2.6:	Holzverwendungsschlüssel zur durchschnittlichen Verteilung von Laub- und Nadelholz in Niedersachsen auf verschiedene Produktklassen	26
Tabelle 2.7:	Treibhausgasemissionen aus Landwirtschaft und Ernährung in Deutschland (in Mio. t CO ₂ -Äq, Literaturübersicht)	29
Tabelle 2.8:	Klimabilanz verschiedener Tiefkühlwaren und -gerichte im Vergleich zu selbst zubereiteten und konservierten Lebensmitteln	31
Tabelle 3.1:	Klima- und energiepolitische Ziele in Deutschland und in der EU	44
Tabelle 3.2:	THG-Reduzierungen in der EU gemäß des Kommissionsvorschlags „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO ₂ -armen Wirtschaft bis 2050“ ggü. 1990	50

Tabelle 4.1:	Beispielhafte Darstellung des Einflusses verschiedener Nachfrageelastizitäten (Szenarien 1 und 2) auf die Auswirkungen einer Anhebung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte von aktuell 7 % auf den Regelsatz von 19 %	99
Tabelle 5.1a:	Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen mit Verminderungspotenzial in der Landwirtschaft	138
Tabelle 5.1b:	Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen mit Verminderungspotenzial in der Ernährung	140
Tabelle 5.1c:	Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen mit Verminderungspotenzial in der Forstwirtschaft	142
Tabelle 5.1 d:	Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen mit Verminderungspotenzial in der Holzverwendung und -wirtschaft	143
Tabelle 5.2:	Kohlenstoff- und Höhenverluste sowie jährliche Stickstofffreisetzung von Niedermooren unterschiedlicher Bewirtschaftung und Wasserstände	146
Tabelle 5.3:	Vergleich der Stromproduktion je Hektar aus KUP-Hackschnitzeln und Biogas aus Silomais sowie der THG-Einsparungen gegenüber Strom aus fossilen Quellen	176
Tabelle 5.4:	Beispielhafter Überblick über Empfehlungen zu „klimafreundlichem“ Ernährungsverhalten	204
Tabelle 5.5:	Betrachtete Ernährungsweisen	207
Tabelle 5.6:	Vergleich des Lebensmittelverzehr (in Menge und Kalorien) im Jahr 2006 nach der nationalen Verzehrsstudie II mit den betrachteten Ernährungsweisen (auf Basis von 2.000 kcal pro Person und Tag)	208
Tabelle 5.7:	Ernährungsbedingte Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Verzehrweisen auf Bundesebene (in Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	210
Tabelle 5.8:	Durchschnittliche Gesamt-Proteinaufnahme der Teilnehmer der NVS II in g pro kg Körpergewicht und Tag in Abhängigkeit des Fleisch- und Milchprodukteverzehr	214
Tabelle 5.9:	Durchschnittlicher Konsum an alkoholfreien Getränken bei Erwachsenen (in g/Tag)	226
Tabelle 5.10:	Gemeinschaftsverpflegung in Deutschland	234
Tabelle 5.11:	Lebensmittel die, wenn sie importiert werden, typischerweise per Luftfracht eingeführt werden	240
Tabelle 5.12:	Emissionen ausgewählter Gemüsearten bei unterschiedlichen Produktionsarten	249

Tabelle 5.13:	Wirksamkeit, Gesamtkosten und CO ₂ -Vermeidungskosten der durchschnittlichen jährlichen Aufforstungsraten von 14.097 ha (Szenario a) und 22.368 ha (Szenario b), jeweils für den angegebenen Betrachtungszeitraum sowie im Durchschnitt für den gesamten Zeitraum.	266
Tabelle 5.14:	Wirksamkeit, Gesamtkosten und CO ₂ -Vermeidungskosten der Szenarien, jeweils für den angegebenen Betrachtungszeitraum	273
Tabelle 5.15:	Wirksamkeit, Gesamtkosten und CO ₂ -Vermeidungskosten der Szenarien, jeweils für den angegebenen Betrachtungszeitraum	280
Tabelle 5.16:	Jährliche C-Speicherung, Rohholz- und Substitutionspotenzial im Basis- und im „Nadelholzscenario“ sowie Saldo über den gesamten Betrachtungszeitraum (2012 bis 2052)	285
Tabelle 5.17:	Wirksamkeit, Gesamtkosten und CO ₂ -Vermeidungskosten des „Nadelholzscenario“ (Referenz: Basisszenario, jeweils für den angegebenen Betrachtungszeitraum); Vorratseffekt: Berücksichtigung des unterschiedlichen Anfangsvorrats	286
Tabelle 6.1:	Wichtige Maßnahmen im Maßnahmenpaket „Moderater Klimaschutz“ differenziert nach Bereich und dem Zeithorizont der THG-Minderung	322
Tabelle 6.2:	Wichtige Maßnahmen im Maßnahmenpaket „Ambitionierter Klimaschutz“ differenziert nach Bereich und dem Zeithorizont der THG-Minderung	324

Abkürzungsverzeichnis

AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
ARD	Afforestation, Reforestation and Deforestation
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAU	Business as usual
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BIT	Behavioral Insight Team
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
BÖLW	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft
BVerfGE	Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts
BWI	Bundeswaldinventur
C	Kohlenstoff
CC	Cross Compliance
CDM	Clean Development Mechanism
CER	Certified Emission Reductions
CH ₄	Methan
CIFOR	Center for International Forestry Research
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -Äq	CO ₂ -Äquivalent
COP	Conference of the Parties
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
CULTAN	Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition

D-A-CH	Deutschland (D), Österreich (A) und Schweiz (CH)
DAFA	Deutsche Agrarforschungsallianz
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DBV	Deutscher Bauernverband
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DHWR	Deutscher Holzwirtschaftsrat
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
dLUC	Direct Land Use Change
EEA	Europäische Umweltagentur
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Efm	Erntefestmeter
EK	Europäische Kommission
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
ETS	Emissions Trading System
EU	Europäische Union
EVS	Einkommens- und Verbrauchsstichprobe
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FCPF	Forest Carbon Partnership Facility
FFH	Flora, Fauna, Habitat
FISA	Forschungsinformationssystem Agrar/Ernährung
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
FOP	Front-of-Pack-Label
FSC	Forest Stewardship Council
GAK	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GFC	Green Climate Fund
GG	Grundgesetz
GLÖZ	guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand
GV	Gemeinschaftsverpflegung
GVE	Großvieheinheit
GWh	Gigawattstunde

ha	Hektar
HFC	Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
HKW	Heizkraftwerk
HTC	Hydrothermale Karbonisierung
HW	Heizwerk
IAT	Implicit Association Test
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
IKI	Internationale Klimaschutzinitiative
INDC	Intended Nationally Determined Contributions
iLUC	Indirect Land Use Change
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IS	Inventurstudie
JI	Joint Implementation
JRC	Joint Research Center
KG	Körpergewicht
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
KP	Kyoto-Protokoll
KRK	Klimarahmenkonvention
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
KUP	Kurzumtriebsplantagen
kWh	Kilowattstunde
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LfLUG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume
LU	Land Use
LUC	Land Use Change
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (Land Use, Land Use Change and Forestry)
MINAS	Mineral Accounting System

MWh	Megawattstunde
MwSt	Mehrwertsteuer
MRI	Max Rubner-Institut
N	Stickstoff
NDC	Nationally Determined Contributions
NEC	National Emission Ceilings
NF ₃	Stickstofftrifluorid
NH ₃	Ammoniak
NIR	Nationaler Inventarbericht (National Inventory Submission)
NMVOG	Flüchtige organische Verbindungen
NO _x	Stickoxide
N ₂ O	Lachgas
NVS II	Nationale Verzehrsstudie II
NWE	natürliche Waldentwicklung
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PCCM	Payments for Climate Change Mitigation
PCR	Product Category Rules
PFC	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
QG	Quellgruppe
RED	Reducing Emissions from Deforestation
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
SF ₆	Schwefelhexafluorid
SO ₂	Schwefeldioxid
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
StDB	Standarddeckungsbeitrag
SuV-Fläche	Siedlungs- und Verkehrsfläche
UBA	Umweltbundesamt
THG	Treibhausgas
TWh	Terrawattstunde
UN	United Nations

UNDP	United Nations Development Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USDA	U.S. Department of Agriculture
USDHHS	U.S. Department of Health and Human Services
VCS	Verified Carbon Standard
VCS PRC	Verified Carbon Standard Peatland Rewetting and Conservation
VER	Voluntary Emission Reductions
Vfm	Vorratsfestmeter
VO	Verordnung
WBA	Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik
WBAE	Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz
WBD	Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen
WBW	Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik
WBWT	Wissenschaftlicher Beirat für Wirtschaft und Technologie
WBVE	Wissenschaftlicher Beirat für Verbraucher- und Ernährungspolitik
WEHAM	Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodell
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WRR	Wasserrahmenrichtlinie
WTO	Welthandelsorganisation
Z-Baum	Zukunftsbaum

Kurzfassung

I Hintergrund und Motivation

Um zu verhindern, dass die globale Erwärmung so stark ansteigt, dass die Auswirkungen auf Ökosysteme und die Gesellschaft unabsehbare negative Folgen entfalten, sind einschneidende Reduzierungen der weltweiten Emissionen von Treibhausgasen (THG) erforderlich. Auf der Weltklimakonferenz in Paris im Dezember 2015 wurde erstmals in einem völkerrechtlichen Abkommen das Ziel verankert, den Anstieg der globalen Erwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf 2 °C zu begrenzen. Die Vertragsstaaten verpflichten sich zudem zu Anstrengungen, den Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu begrenzen. Um die 2-Grad-Obergrenze mit hinreichender Wahrscheinlichkeit einzuhalten, ist es gemäß Weltklimarat erforderlich, die globalen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 40 bis 70 % gegenüber dem Jahr 2010 zu reduzieren und bis zum Jahr 2100 auf nahe null zurückzufahren oder sogar eine Nettofestlegung von Kohlenstoff zu erreichen.

Deutschland und die EU streben an, ihre THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 um mindestens 80 bis 95 % zu reduzieren (s. Kap. 3.1). Die Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE) und für Waldpolitik (WBW) befürworten ambitionierte globale, EU- und bundesweite Emissionsziele, sowohl aus Gerechtigkeitsgründen als auch, weil sie im Eigeninteresse Deutschlands und der EU liegen (s. Kap. 3.3). Dies erfordert eine Transformation des gesamten Energie- und Wirtschaftssystems hin zu einer drastisch emissionsreduzierten Volkswirtschaft. Mit dieser Transformation wird die Flexibilität, Emissionsminderungen nur in einzelnen, besonders kostengünstigen Bereichen umzusetzen, im Zeitverlauf abnehmen. Künftig wird es darum gehen, für alle relevanten Sektoren kostengünstige Emissionsminderungs- oder Kohlenstofffestlegungsstrategien zu entwickeln, frühzeitig die Weichen für Strukturanpassungen und neue Technologien zu stellen und klimaschutzpolitische Fehlinvestitionen zu vermeiden. Dies schließt die Landwirtschaft und den Konsum von Lebensmitteln sowie die Forstwirtschaft und Holzverwendung ein.

Mit der Langfristigkeit der Transformation gehen notwendigerweise Unsicherheiten im Bereich der Produktion und des klimaschonenden Konsums, aber auch für die Gestaltung einer effizienten Klimaschutzpolitik einher. Klimaschutzpolitische Zwischenziele und Maßnahmen sind daher regelmäßig kritisch zu überprüfen und, falls erforderlich, nachzujustieren. Zu berücksichtigen ist zudem, dass sich bei vielen Klimaschutzmaßnahmen Synergien, aber auch Konflikte mit anderen gesellschaftlichen Zielen wie Umwelt-, Natur- und Tierschutz, Wirtschaftswachstum oder gesunder Ernährung identifizieren lassen, die es abzuwägen gilt.

II Ziel und Aufbau des Gutachtens

Damit ambitionierte Klimaziele erreicht werden können, müssen auch Landwirtschaft, Forst- und Holzwirtschaft sowie die Konsumenten stärker als bisher zur Erreichung der ambitionierten gesamtwirtschaftlichen Klimaschutzziele beitragen. Hauptziel des Gutachtens ist es daher, politischen Entscheidungsträgern Empfehlungen für einen effektiven und effizienten Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft, der Holzverwendung sowie im Ernährungsbereich zu geben.

Die Empfehlungen des Gutachtens dienen der Ausgestaltung einer umfassenden Klimaschutzstrategie und beinhalten konkrete Politikmaßnahmen. Die Klimaschutzanstrengungen in den genannten Sektoren sollten kompatibel zu europäischen und nationalen gesamtgesellschaftlichen Klimaschutzstrategien und -initiativen sowie zu anderen gesellschaftlichen Zielen und Rahmenbedingungen sein. Darüber hinaus sollten sie auch in adäquate internationale Klimaschutzabkommen eingebettet sein, ohne die ein wirksamer Klimaschutz kaum möglich ist.

Im Zentrum dieses Gutachtens steht der Klimaschutz im Sinne einer Verminderung von Treibhausgas (THG)-Emissionen. Die Anpassung an den Klimawandel wird nur insoweit thematisiert, als sie für den Klimaschutz relevant ist. Dies trifft für den Forstbereich stärker zu als für die Landwirtschaft, da die Klimaschutzleistung der Forstwirtschaft stark von der Stabilität und Produktivität der in langen Produktionszeiträumen bewirtschafteten Wälder abhängt.

Das Gutachten ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 wird die Bedeutung der Land- und Forstwirtschaft, der Holzverwendung sowie des Konsums von Lebensmitteln für die Emission von Treibhausgasen bzw. die Kohlenstofffestlegung in Deutschland dargestellt. An dieser Stelle werden auch die Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsmöglichkeiten für den Forstbereich behandelt. Kapitel 3 gibt einen Überblick über klimapolitische Ziele in Deutschland und der EU sowie über klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die hier betrachteten Sektoren. Anschließend werden in Kapitel 4 unterschiedliche klimaschutzpolitische Instrumente mit Bezug zur Land- und Ernährungswirtschaft, zur Forstwirtschaft und Holzverwendung sowie zum Konsum von Lebensmitteln diskutiert. Danach gibt Kapitel 5 einen Überblick über mögliche Klimaschutzmaßnahmen in den verschiedenen Sektoren, die anhand ausgewählter Kriterien bewertet werden. Kapitel 6 enthält schließlich sowohl übergeordnete, generelle als auch sektorbezogene Empfehlungen des WBAE und des WBW zur Klimaschutzpolitik.

III Bestandsaufnahme: Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung

Die Landwirtschaft ist ein bedeutender Emittent von THG (s. Kap. 2). Nach der Systematik der THG-Berichterstattung stammten 2014 66 Mio. t CO₂-Äq der Gesamtemissionen Deutschlands (903 Mio. t CO₂-Äq) aus der Quellgruppe 3 (Landwirtschaft), weitere 38 Mio. t CO₂-Äq wurden aus der Landnutzung/Landnutzungsänderung von Acker- und Grünlandflächen freigesetzt (Quell-

gruppen 4B und C) (s. Abb. KF.1). Insgesamt entfielen damit 11 % der Gesamtemissionen in Deutschland auf die Landwirtschaft und die Nutzung von Acker- und Grünlandflächen.

In der ober- und unterirdischen Phytomasse⁷ bzw. der organischen Bodensubstanz sind bedeutende Mengen an Kohlenstoff festgelegt. So sind allein im Wald gegenwärtig 1.169 Mio. t Kohlenstoff in lebenden Bäumen und in Totholz gebunden. Das entspricht einer Menge von durchschnittlich rund 385 t CO₂-Äq je ha Wald. Sowohl die Land- als auch die Forstwirtschaft können zu einer Mehrung, aber auch einer Reduzierung des Kohlenstoffspeichers beitragen. Insbesondere die Forstwirtschaft, hat ein sehr großes Potenzial, über ihre Produkte Kohlenstoff langfristig festzulegen (Produktspeicher). Beide, insbesondere aber die Forstwirtschaft, können über stoffliche und energetische Substitutionseffekte zur Reduktion von THG-Emissionen bzw. zur Vermeidung von Emissionen aus fossilen Energieträgern beitragen. Allein der jährliche Beitrag der deutschen Forstwirtschaft und Holzverwendung zur THG-Minderung aus diesen Speicherungs- und Substitutionseffekten beträgt gegenwärtig durchschnittlich 127 Mio. t CO₂-Äq. Ohne diesen Beitrag würden die Gesamtemissionen Deutschlands (bezogen auf das Jahr 2014) um 14 % höher ausfallen. Neben den Mooren gehören Wälder aufgrund ihrer großflächigen Ausdehnung und der hohen Kohlenstoffdichte zu den wirksamsten terrestrischen Kohlenstoffsinken.

Wechselt man bei der Betrachtung von der Produktions- zur Verbrauchsseite, dann zeigt sich, dass die ernährungsbedingten THG-Emissionen nach dem Cradle-to-grave-Ansatz⁸ im Jahr 2006⁹ in einer Größenordnung von einem Viertel der gesamten THG-Emissionen in Deutschland lagen.¹⁰ Auch wenn ein relevanter Teil dieser Emissionen in der Primärproduktion von Lebensmitteln entsteht und durch die Betrachtung von THG-Emissionen der Landwirtschaft erfasst wird, entstehen auf den anderen Stufen der Wertschöpfungskette ebenfalls in relevantem Maße Emissionen. Die kumulierten THG-Emissionen pro Einheit (Kilogramm, Kilokalorie etc.) Lebensmittel unterscheiden sich daher sowohl zwischen verschiedenen Lebensmitteln, aber auch bei gleichen Lebensmitteln je nach Transport, Verarbeitung etc. z. T. deutlich. Ernährungsstile und Verzehrsgewohnheiten haben deshalb einen großen Einfluss auf die THG-Emissionen der gesamten landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette. Insofern ist eine gesonderte Betrachtung des Konsums, die in der klassischen THG-Berichterstattung nicht erfolgt, wichtig.

Die Land- und die Forstwirtschaft der EU sind stark in die Weltwirtschaft integriert. Nationale Klimaschutzmaßnahmen haben auch Auswirkungen auf Produktion und Konsum in anderen Län-

⁷ Phytomasse bezeichnet sowohl die Biomasse der lebenden Pflanzen sowie die Masse abgestorbener Pflanzen (Nekromasse) einer definierten Fläche (Schaefer 2003).

⁸ Hierbei werden alle Emissionen einbezogen, die durch die Erzeugung der landwirtschaftlichen Rohprodukte bis hin zur Verwendung der Lebensmittel in Haushalt und Gastronomie (einschl. Entsorgung) anfallen.

⁹ Für dieses Jahr sind umfangreiche Daten aus der Nationalen Verzehrsstudie II verfügbar. Aktuellere, umfassendere Daten liegen nicht vor.

¹⁰ Ein Teil dieser Emissionen fällt außerhalb Deutschlands an (Importe, s. Kap. 2.4).

dern. Diese Auswirkungen können positiv oder negativ für die globale THG-Bilanz sein. Emissionsverlagerungseffekte (*Leakage*-Effekte), die sich oft nur grob abschätzen lassen, verdeutlichen die Bedeutung der Systemgrenzen für die Quantifizierung von THG-Emissionen. Da diese Effekte bei land- und forstwirtschaftlichen Klimaschutzmaßnahmen insbesondere über direkte und indirekte Landnutzungsänderungen ein bedeutendes Ausmaß annehmen können, wurden sie in diesem Gutachten so weit wie möglich berücksichtigt.

IV Übergeordnete, generelle Klimaschutzempfehlungen

Emissionsreduzierung und Sequestrierung dienen dem Schutz des Klimas als globales öffentliches Gut. Ein einzelner Staat kann von den eigenen Treibhausgasreduzierungen bzw. Kohlenstofffestlegungen nur begrenzt profitieren und ist für einen wirksamen Klimaschutz auf entsprechende Aktivitäten anderer Staaten angewiesen. Gleichzeitig besteht für jeden Staat ein Anreiz, sich als Trittbrettfahrer zu verhalten, also keine eigenen Klimaschutzanstrengungen zu unternehmen und von denen anderer Staaten zu profitieren. Deshalb sind internationale Klimaschutzabkommen auf europäischer und globaler Ebene besonders wichtig für eine wirksame Klimaschutzpolitik.

Anstrengungen für eine globale Klimaschutzstrategie verstärken (Adressat: Bund, EU)

Die notwendige Transformation zu einer sog. kohlenstoffarmen Wirtschaft kann umso eher gemeistert werden, je mehr Staaten sich hierfür ernsthaft einsetzen und Klimaschutzmaßnahmen umsetzen. Der WBAE und der WBW empfehlen deshalb der Bundesregierung dringend, wesentlich mehr Ressourcen in die Entwicklung und Durchsetzung einer globalen Klimaschutzstrategie zu investieren und auch im Sinne einer Vorbildfunktion gleichzeitig ambitionierte nationale und europäische Klimaschutzziele zu verwirklichen.

Bepreisung von THG-Emissionen als anreizorientiertes Instrument nutzen (Adressat: Bund, EU)

Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung, sich auf EU-Ebene dafür einzusetzen, Preise für THG-Emissionen konsequent als anreizorientiertes Instrument der Klimaschutzpolitik zu nutzen, um damit THG-Emissionen zu verteuern. Hierzu sollte zum einen das Emissionshandelssystem (ETS) verbessert werden. Eine Einbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in den EU-Emissionshandel ist aus Sicht der Beiräte aufgrund der hohen Transaktionskosten allerdings keine umsetzbare Politikoption (s. Kap. 4.1). Zum anderen sollte sich die Bundesregierung auf EU- und internationaler Ebene für eine an den THG-Emissionen orientierte Besteuerung des Verbrauchs fossiler Energieträger und eine europäische Harmonisierung der Steuersätze einsetzen.¹¹ Hierbei sollte auch der internationale Transport (Schiffsdiesel, Flugbenzin) einbezogen werden.

Sektorübergreifende THG-Minderungsziele nicht zu kleinteilig herunterbrechen (Adressat: Bund, EU)

Die Beiräte halten es für sinnvoll und richtig, dass nicht nur globale Ziele verhandelt werden, sondern dass sich Deutschland und auch die EU sektorübergreifende THG-Minderungsziele setzen. Sie warnen jedoch davor, diese durch zu kleinteilige, z. B. sektorspezifische, quantifizierte Minderungsziele – z. B. für die Landwirtschaft – zu untersetzen, solange sich diese Ziele nicht an den

¹¹ Eine Vertueuerung fossiler Energien würde auch die Umsetzung einer Vielzahl von Maßnahmen in den Bereichen Landwirtschaft, Konsum von Lebensmitteln, Forstwirtschaft und Holzwirtschaft befördern.

(unterschiedlichen) Kosten der THG-Vermeidung und den Auswirkungen auf andere gesellschaftliche Ziele orientieren.

Klimaschutzpolitik sektorübergreifend kohärent gestalten (Adressat: Bund, EU, Länder)

Die Beiräte plädieren dafür, stärker als bisher auf die Kohärenz der gesamten Klimaschutzpolitik zu achten. So ist bei Klimaschutzmaßnahmen außerhalb des ETS zu berücksichtigen, wie diese im Zusammenspiel mit dem ETS insgesamt wirken. Zudem sind die direkten und indirekten Klimateffekte, die eine im Inland durchgeführte Klimaschutzmaßnahme in anderen Ländern haben kann, stärker zu berücksichtigen.

Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft als langfristigen Lern- und Anpassungsprozess auffassen (Adressat: Bund, EU, Länder, Wirtschaft)

Die Transformation zu einer sog. kohlenstoffarmen¹² Wirtschaft wird Jahrzehnte beanspruchen. Aufgrund dieser Langfristigkeit und den damit verbundenen Unsicherheiten im Bereich der Produktion und des klimaschonenden Konsums, aber auch bei der Gestaltung einer effizienten Klimaschutzpolitik, kommen Forschung sowie Information, Beratung und Ausbildung eine wichtige Bedeutung zu. Klimaschutzpolitische Zwischenziele und Maßnahmen sollten regelmäßig kritisch überprüft und falls erforderlich nachjustiert werden.

Quellgruppe LULUCF in die nationale und die EU-Klimapolitik nach 2020 verstärkt einbeziehen (Adressat: Bund, EU)

Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung, sich in der EU dafür einzusetzen, dass die Quellgruppe LULUCF (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft) stärker in die nationale und die EU-Klimapolitik nach 2020 einbezogen wird. Dadurch lassen sich Anreize für zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen im Landnutzungs- und Waldsektor schaffen und Fehlanreize vermeiden, die derzeit aufgrund unterschiedlicher Anrechnung von Emissionen und Kohlenstofffestlegungen entstehen.

V Maßnahmenpakete „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“

Die Beiräte befürworten im Grundsatz ambitionierte globale, aber auch EU- und bundesweite Emissionsziele. Zwischen Klimaschutz und anderen gesellschaftlichen Zielen bestehen sowohl Synergien als auch Konflikte, auf die in diesem Gutachten hingewiesen wird (s. Kap. 5). Die für die

¹² Bei dem in der politischen Diskussion gebräuchlichen Begriff „kohlenstoffarme Wirtschaft“ bedeutet „kohlenstoffarm“ „arm an Kohlenstoff aus fossilen Energieträgern“.

Entwicklung einer Klimaschutzstrategie notwendige Zielabwägung muss in einem gesellschaftlichen Aushandlungsprozess geschehen.

Vor diesem Hintergrund haben die Beiräte zwei Maßnahmenpakete erstellt, die sich im angestrebten Klimaschutzniveau unterscheiden. Sie sind Ergebnis einer intensiven Auseinandersetzung mit verschiedenen „technischen“ Emissionsminderungs- und Sequestrierungsmaßnahmen (s. Kap. 5) und möglichen klimaschutzpolitischen Instrumenten wie Aufklärung und Beratung, ökonomische Anreizinstrumente, Ge- und Verbote (s. Kap. 4). Die Maßnahmenpakete unterscheiden sich weniger in der Art der Maßnahmen als vielmehr in deren Umfang bzw. Grad der Umsetzung. Aufgeführt sind jeweils nur die wichtigsten Maßnahmen der Pakete. Größenordnungsmäßig führen sie zu den in Tab. KF.1 aufgeführten Emissionsminderungs- bzw. Kohlenstofffestlegungseffekten.

Tabelle KF.1: Potenziale der Emissionsminderungen bzw. zusätzliche Kohlenstofffestlegungspotenziale der Maßnahmenpakete „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“ (in CO₂-Äq/Jahr)

	Moderater Klimaschutz	Ambitionierter Klimaschutz
Landwirtschaft	23 bis 24 Mio. t	40 bis 44 Mio. t
Konsum von Lebensmitteln	14 Mio. t	34-35 Mio. t
Forstwirtschaft und Holzverwendung	28 Mio. t	56 Mio. t
Summe ¹⁾ der erfassten Maßnahmen	65 bis 66 Mio. t	130 bis 135 Mio. t

Anm.: Bei der Interpretation sind die unten stehenden methodischen Hinweise zu beachten.

¹⁾ Zwischen Konsum von Lebensmitteln und Landwirtschaft liegt teilweise eine Doppelzählung vor.

Quelle: Eigene Darstellung (s. Kap. 6.2).

Auf folgende methodische Aspekte sei hingewiesen:

- a) Nicht für alle Maßnahmen sind die Klimaschutzwirkungen berichtsfähig im Sinne der nationalen Treibhausgasberichterstattung. Daher lässt sich das mit den Maßnahmenpaketen angestrebte Klimaschutzziel nicht exakt als Minderung in der Systematik der THG-Berichterstattung quantifizieren. Dies liegt z. B. daran, dass Emissionen in der THG-Berichterstattung nach dem Territorialprinzip in dem Staat verbucht werden, in dem sie emittiert wurden. Für die beim Konsum von Lebensmitteln ansetzenden Maßnahmen hängt die Berichtsfähigkeit der produktionsbedingten Emissionen daher davon ab, ob es sich um inländisch erzeugte oder um importierte Produkte handelt.
- b) Die kalkulierten Minderungspotenziale beruhen auf den heutigen Rahmenbedingungen. Je stärker die Wirtschaft „dekarbonisiert“ wird (also je weniger sie auf fossiler Energie beruht), desto stärker reduzieren sich diese Minderungspotenziale und desto stärker steigen die kalkulierten Vermeidungskosten.

- c) Die Maßnahmen unterscheiden sich z. T. hinsichtlich des Zeitbedarfs, den ihre Umsetzung erfordert.
- d) Die Maßnahmen unterscheiden sich auch im Hinblick auf die Dauer, bis nach ihrer Umsetzung die Klimaschutzeffekte eintreten. Bei vielen Maßnahmen tritt die Wirkung sofort ein, bei anderen, wie der Wiedervernässung von Mooren, dauert dies oftmals 20 Jahre und bei forstlichen Maßnahmen wie der Veränderung der Baumartenzusammensetzung auch noch bedeutend länger.
- e) Zwischen einigen Maßnahmen bestehen positive wie negative Zusammenhänge, die es zu beachten gilt, so etwa zwischen dem „Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE“ und der „Erhaltung von Dauergrünland“.
- f) Die Reduktionspotenziale der am Lebensmittelkonsum ansetzenden Maßnahmen vermindern sich, wenn sich die produktspezifischen Emissionsfaktoren aufgrund der Umsetzung landwirtschaftlicher Klimaschutzmaßnahmen oder technischen Fortschritts etc. verringern.

Tabelle KF.2 gibt einen Überblick über die einzelnen Maßnahmen. Die quantitativ größten Minderungs­potenziale liegen in absteigender Reihenfolge in folgenden Bereichen:

- a) Veränderung der Baumartenzusammensetzung in der forstlichen Produktion (Erhöhung des Nadelbaumanteils) (langfristig¹³ wirksam),
- b) Schutz landwirtschaftlich genutzter Moore (langfristig wirksam),
- c) Reduzierung des Konsums tierischer Produkte (mittelfristig wirksam),
- d) Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. aus Kurzumtriebsplantagen) (mittelfristig wirksam),
- e) Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten (langfristig wirksam) und
- f) Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (kurzfristig wirksam).

¹³ Langfristig: Wirkung erst nach mehr als 20 Jahren, mittelfristig: 5 bis 20 Jahre, kurzfristig: bis 5 Jahre.

Tabelle KF.2: Wichtige Maßnahmen in den Maßnahmenpaketen „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“, differenziert nach Bereich und innerhalb der Bereiche nach Zeithorizont der THG-Minderung

Maßnahme (Kapitelnummer)	Moderater Klimaschutz	„Ambitionierter Klimaschutz“	Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	Zeit- horizont ¹⁾	Anmerkungen
Landwirtschaft					
Erhaltung von Dauergrünland (5.2.2.1)	Fläche/Produktion (ggf. Szenarios) 34.100 ha/Jahr (im Vgl. zu Umbruch in letzten Jahren)	Fläche/Produktion (ggf. Szenarios) 34.100 ha/Jahr (im Vgl. zu Umbruch in letzten Jahren)	23-24 2,5 - 3,1	40-44 2,5 - 3,1	Synergien zu Gewässerschutz und Naturschutz (extensives Grünland)
Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (5.2.4.1)	16,7 Mio. ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF)	16,7 Mio. ha LF	5,8	5,8	hohe Synergien zu anderen Umweltzielen
Gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager (5.2.6.1.1)	-	-	2,0	2,0	Maßnahme verliert an Bedeutung, wenn Biogasanlagen nach Ablauf der 20jährigen Fördergarantie nicht weiter betrieben werden
Verstärkter Einsatz von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen (Bestandsanlagen) (5.2.6.1.2)	-	k. A.	-	1,0 – 4,8	Maßnahme verliert an Bedeutung, wenn Biogasanlagen nach Ablauf der 20jährigen Fördergarantie nicht weiter betrieben werden
Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (5.2.6.2)	425.000 ha (50 % des angehen. Potenzials)	850.000 ha (100 % des Potenzials)	6,0	12	Klimaschutz durch energetische Substitution im Gegensatz zur Aufforstung bereits nach wenigen Jahren, Kaskadennutzung würde Minderungspotenzial erhöhen
Reduzierung der Verwendung von Torf als Pflanzsubstrat (5.2.1.2)	-	k. A.	-	1,1-1,5	Synergien zu Umweltzielen. Je nach Ausgangsmaterial für Torfersatzstoffe Nutzungskonkurrenz zu energetischer Verwendung
Schutz von Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung (5.2.1.1)	300.000 ha	900.000 ha	7,0	15,2	oft hohe Synergien zu Naturschutz, Existenzgefährdung für Landwirte mit hohem Moorflächenanteil

Maßnahme (Kapitelnummer)	Moderater Klimaschutz	„Ambitionierter Klimaschutz“	Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	Zeithorizont ¹⁾	Anmerkungen
Konsum von Lebensmitteln					
Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards in der Gemeinschaftsverpflegung (5.3.5)	2,5 Mrd. Mittagessen in der Gemeinschaftsverpflegung jährlich 14 im Minde- rungspotenzial von 5.3.2 und 5.3.3 (s. 1. Spalte) bereits enthalten	2,5 Mrd. Mittagessen in der Gemeinschaftsverpflegung jährlich 34-35 im Minde- rungspotenzial von 5.3.2 und 5.3.3 (s. 1. Spalte) bereits enthalten	Keine Informationen	kurzfr.	Ausgewogene Ernährung hat Synergien zu Gesundheitsförderung/-erhaltung
Reduzierung des Konsums von Wasser aus Flaschen (5.3.4)	25 % von 143,5 l pro Kopf und Jahr 0,6	75 % von 143,5 l pro Kopf und Jahr 1,8	< 0, Kostenminderung für Konsumenten	mittelfr.	Zeitersparnis für Konsumenten
Verzicht auf Flugware (5.3.7)	-	Reduzierung der Flugware-induzierten Emissionen um 80 % 0,7 – 1,7	< 0, Kostenminderung für Konsumenten	mittelfr.	wirtschaftliche Verluste in exportorientierten Entwicklungsländern möglich
Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE (5.3.2)	81 Mio. Einwohner: 50 % des max. Potenzials 11,0	81 Mio. Einwohner: 100 % des max. Potenzials 22,0	Konsumen- ten: tendenzielle Kostenminderung; Land- und Ernährungs-wirtschaft: Anpassungskosten	mittelfr.	Potenzieller Konflikt mit Grünlanderhalt. Entschärfung durch stärker grünlandbasierte Rinderhaltung oder alternative Grünlandnutzungen
Reduzierung von Lebensmittelabfällen (5.3.3)	25 % der vermeidbaren Abfälle 3,0	75 % der vermeidbaren Abfälle 9,0	keine Informationen	mittelfr.	Synergien zu Umwelt- und Naturschutzziele- nen durch verringerten Ressourceneinsatz

Maßnahme (Kapitelnummer)	Moderater Klimaschutz	„Ambitionierterer Klimaschutz“	Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	Zeit- horizont ¹⁾	Anmerkungen
	Fläche/Produktionseinheit (ggf. Szenarios) THG-Minderungspotenzial (Mio. t CO₂-Äq/Jahr) 28	Fläche/Produktionseinheit (ggf. Szenarios) THG-Minderungspotenzial (Mio. t CO₂-Äq/Jahr) 56			
Forstwirtschaft einschließlich Holzverwendung Veränderung der Baumartenzusammensetzung (5.4.4)	Nadelholz dominiert (70 %), 50 % des maximalen Potenzials	Nadelholz dominiert (70 %), 100 % des maximalen Potenzials	-145 (über die gesamte Laufzeit), d. h. keine Kosten, sondern Nutzen	langfr.	Zielkonflikt mit Naturschutz, Einfluss auf Bodenspeicher unsicher

Anm.: ¹⁾ kurzfristig: bis 5 Jahre, mittelfristig: über 5 bis 20 Jahre, langfristig: über 20 Jahre.

Quelle: Eigene Darstellung (s. Kap. 6.2.2 und 6.2.3 der Langfassung des Gutachtens).

VI Die wichtigsten Empfehlungen im Bereich Landwirtschaft

Die Landwirtschaft produziert auf dem Großteil der Anbaufläche Lebensmittel und damit Produkte, die nur eingeschränkt substituierbar sind. Die THG-Emissionen der Landwirtschaft sind daher auch in Relation zur jeweiligen Produktionsleistung zu bewerten.¹⁴ Unter den günstigen klimatischen Produktionsbedingungen in Deutschland und bei gleichzeitig weltweit absehbar knapper werdenden landwirtschaftlichen Flächen ist eine flächendeckende Verringerung der Produktionsintensität nicht zu empfehlen. Aussagekräftiger als die THG-Emissionen pro Flächeneinheit sind die THG-Emissionen je Produkteinheit.

In der Diskussion um Minderungsmaßnahmen in der Landwirtschaft werden häufig auch die Maßnahmen Biokraftstoffproduktion, Ausdehnung des ökologischen Landbaus und Substitution von importierten Sojafuttermitteln durch im Inland erzeugte Körnerleguminosen vorgeschlagen. Auf Basis der derzeit verfügbaren Analysen sehen die Beiräte in diesen Maßnahmen keinen eindeutigen Beitrag zum Klimaschutz.

VI.1 Stickstoffeffizienz der Düngung verbessern

Der Einsatz von Stickstoffdüngern zählt zu den wichtigsten Ursachen landwirtschaftlicher Treibhausgasemissionen. Eine Verbesserung der N-Effizienz der Düngung und die damit verbundene Reduzierung der Stickstoffüberschüsse der Landwirtschaft tragen nicht nur zum Klimaschutz bei, sondern auch zur Erreichung weiterer Umweltziele.

VI.1.1 Düngerecht verschärfen und konsequenter durchsetzen (Adressat: Bund, Länder)

Die Novellierung der Düngeverordnung wird bereits seit mehreren Jahren diskutiert. Im April 2016 hat die Europäische Kommission Klage gegen Deutschland vor dem Europäischen Gerichtshof wegen der Nichteinhaltung der Nitratrichtlinie eingereicht. Der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik (WBA), der Wissenschaftliche Beirat für Düngungsfragen (WBD) und der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) haben in ihrer gemeinsamen Kurzstellungnahme zur Novellierung der Düngeverordnung detaillierte Empfehlungen ausgesprochen (WBA, WBD und SRU 2013; SRU, WBAE und WBD 2016). Der WBAE und der WBW empfehlen Bundesregierung und Bundesrat, das Düngerecht zügig zu novellieren und hierbei die Empfehlungen von WBA, WBD

¹⁴ Zudem ist zu berücksichtigen, dass die landwirtschaftliche Produktion weitgehend in offenen Systemen stattfindet und die Emissionen von Methan und Lachgas durch biologische Prozesse entstehen, die nicht vollständig kontrolliert werden können.

und SRU zu berücksichtigen. Sie empfehlen den Ländern, für eine wirksame Durchsetzung des Düngerechts zu sorgen und die Auswirkungen einer Verschärfung des Düngerechts bis 2020 u. a. auf Basis der einzelbetrieblichen Nährstoffbilanzen zu evaluieren.¹⁵

VI.1.2 Stickstoffabgabe einführen, wenn N-Überschüsse nicht hinreichend reduziert werden (Adressat: Bund)

Wenn sich abzeichnet, dass die angemahnte Verschärfung des Düngerechts nicht umgesetzt wird oder bis 2020 keine für den Klima- und Grundwasserschutz hinreichende Verringerung der N-Überschüsse bewirkt, empfehlen die Beiräte der Bundesregierung, eine nationale Mineralstickstoffabgabe einzuführen – ggf. in Kombination mit einer Abgabe auf organischen Stickstoff tierischer Herkunft und Biogasgärreste pflanzlicher Herkunft. Die Einnahmen der Abgabe sollten alloktationsneutral an die Landwirte verteilt werden.

VI.1.3 Weitere Maßnahmen zur N-Effizienzverbesserung der Düngung nutzen (Adressat: Länder, Bund, Wirtschaft)

Auch wenn die Beiräte die Durchsetzung eines verschärften Düngerechts als unverzichtbar für die Verbesserung der N-Effizienz der Düngung ansehen, empfehlen sie, darüber hinaus ein breites Spektrum an Maßnahmen und Instrumenten zur Verbesserung der N-Effizienz zu nutzen. Hierzu gehören zeitlich degressiv gestaffelte Investitionshilfen für Landwirte z. B. für emissionsärmere Düngeerausbringungstechnik und Forschungs- sowie Demonstrationsvorhaben (emissionsarme Mineraldünger, Denitrifikationshemmstoffe, Ureaseinhibitoren, precision farming in der Stickstoffdüngung – insbesondere für den Wirtschaftsdüngereinsatz –, N-reduzierte Brotweizenproduktion etc.).

VI.2 Landwirtschaftlich genutzte Moore differenziert schützen (Adressat: Bund, Länder)

Die Beiräte empfehlen dem Bund, zusammen mit den Bundesländern, v. a. denjenigen Ländern mit umfangreichen Moorflächen, und unter Einbeziehung relevanter Akteure, eine Moorschutzstrategie zu erarbeiten. Diese Strategie sollte verbindliche Zeitziele und Umsetzungsschritte sowie ein langfristig gesichertes Finanzierungskonzept beinhalten. Da es sich um eine langfristig

¹⁵ Hierzu sollten die Landwirte ihre Nährstoffbilanzen nicht nur auf dem Hof dokumentieren, sondern in eine behördliche Online-Datenbank eingeben.

angelegte Strategie handelt, sind zur effektiven und effizienten Steuerung die Umsetzungsschritte der Moorschutzstrategie in regelmäßigen Abständen zu evaluieren.

Durch die Moorschutzstrategie sollten erstens alle schutzwürdigen Moorflächen, die landwirtschaftlich genutzt werden, mit einer guten fachlichen Praxis ihrer landwirtschaftlichen Nutzung als Basisschutz, versehen werden. Dieser sollte u. a. die Umwandlung von Acker- in Grünlandflächen und Düngungsobergrenzen beinhalten. Zweitens sollten auf Flächen höherer Schutzwürdigkeit über den Basisschutz hinaus standortangepasste, extensive Grünlandnutzungen durch freiwillige Vertragsklimaschutzmaßnahmen gefördert werden. Drittens sollten Flächen höchster Schutzwürdigkeit durch Ausschreibungsverfahren aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen werden mit dem Ziel der Revitalisierung der Moorflächen durch Wiedervernässung. Es sollte ein klarer Pfad definiert werden, wie viele Hektare heute landwirtschaftlich genutzter Moorflächen in den nächsten 20 bis 30 Jahren dem Moorschutz angepasst, extensiv genutzt oder stillgelegt und wiedervernässt werden sollten (z. B. 300.000 bis 900.000 ha). Sollte sich zeigen, dass die Flächenumfänge über Ausschreibungsverfahren nicht realisierbar sind, müssten ggf. ordnungsrechtliche Unterschutzstellungen bestimmter Flächen in Kombination mit einer vorab festgelegten Ausgleichszahlung vorgenommen werden. Die Unterschutzstellung sollte schrittweise erfolgen, beginnend mit den Flächen mit den geringsten Vermeidungskosten.

VI.3 Torfausstiegsstrategie erarbeiten und umsetzen (Adressat: Länder, Bund)

Die Beiräte empfehlen dem Bund, gemeinsam mit den betroffenen Ländern, Umwelt- und Industrieverbänden, eine Torfausstiegsstrategie zu erarbeiten und schrittweise umzusetzen. Als Teil einer langfristigen Torfausstiegsstrategie sollten Bund und Länder die Entwicklung von möglichst klima-, umwelt- und anwenderfreundlichen Torfersatzstoffen vorantreiben. Die Beiräte empfehlen, die Verwendung von Torfsubstraten im Hobbygartenbau innerhalb der nächsten zwei Jahre zu verbieten und im Erwerbsgartenbau, beginnend in ca. fünf Jahren, schrittweise einzuschränken. Die Vergaberichtlinien für öffentliche Aufträge sollten dahingehend geändert werden, dass bei öffentlichen Aufträgen im Garten- und Landschaftsbau die Verwendung von Torfersatzstoffen vorgegeben werden kann.

VI.4 Dauergrünland nach Schutzwürdigkeit gestaffelt schützen (Adressat: Länder, Bund)

Für den Erhalt des klima- und biodiversitätsrelevanten Grünlands empfehlen die Beiräte, die Grünlandfläche der Bundesländer zunächst nach unterschiedlicher Schutzwürdigkeit zu kartieren.

Hoch schutzwürdiges artenreiches und mesophiles Grünland auf organischen Böden wäre per Ordnungsrecht in Kombination mit einem Billigkeitsausgleich zu sichern.¹⁶ Auflagen zur Grünland-erhaltung sollten erwünschten Landnutzungsänderungen nicht entgegenstehen. So wird auf Moorböden der Kategorie II angestrebt, Grünlandflächen zu vernässen und in andere Landnutzungs- bzw. Vegetationsformen zu überführen. Zu prüfen ist ferner, inwieweit eine Aufforstung von Grünlandflächen bzw. Etablierung von KUP zugelassen werden soll. Die Umwandlung weniger schützenswerten Grünlands (etwa intensiv genutzte, artenarme Grünlandflächen auf Mineralböden) in Ackerland sollte einer Genehmigungspflicht unterliegen, die zu erteilen ist, wenn der Landwirt nachweist, dass an anderer Stelle Ackerfläche in Grünland umgewandelt wird (handelbare Grünlandumbruchsrechte).

VI.5 Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien beschränken

Die Beiräte sehen in dem Anbau landwirtschaftlich basierter Biomasse zum alleinigen Zweck einer energetischen Nutzung (außer bei KUP und in gewissem Umfang Miscanthus) keine sinnvolle Klimaschutzmaßnahme und sprechen sich dafür aus, derzeitige Fördermaßnahmen unter Wahrung eines angemessenen Vertrauensschutzes für bestehende Anlagen abzuschaffen.

VI.5.1 Klimaschutzleistung bestehender Biogasanlagen erhöhen, Neuanlagen nur bei Vergärung hoher Anteile von Gülle oder Reststoffen (Adressat: Bund, Länder)

Die Klimaschutzleistung bereits bestehender Biogasanlagen sollte durch nachträgliche, gasdichte Abdeckung der Gärrestlager und einen verstärkten Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Reststoffen auf Kosten des Anteils von Anbaubiomasse gesteigert werden. Die Beiräte empfehlen, notwendige bauliche Veränderungen, etwa durch Investitionszuschüsse über die 2. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP), zu fördern, aber nur in Verbindung mit einem „Repowering“ und einer Verlängerung der Laufzeit von Altanlagen. In dem laut Entwurf des EEG 2016 vorgesehenen Ausschreibungsverfahren sollten Mindestgülleanteile als Teilnahmevoraussetzung eingeführt werden. Neue Biogasanlagen sollten nur dann über das EEG gefördert werden, wenn sie mindestens 95 % Masseanteile Gülle einsetzen oder hauptsächlich mit Reststoffen betrieben werden.

¹⁶ In gewissem Umfang wird dieses bereits in den Natura-2000-Gebieten praktiziert.

VI.5.2 Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion fördern (Adressat: Bund, Länder)

Die Nutzung von Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. Kurzumtriebsplantagen) weist theoretisch ein großes Minderungspotenzial und relativ geringe Vermeidungskosten auf, und die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für KUP ist unter Klimagesichtspunkten aus mehreren Gründen einer Aufforstung vorzuziehen (s. Kap. 6.3.2). Die Beiräte begrüßen es, dass KUP¹⁷ seit 2010 nicht mehr als Wald definiert sind und dass KUP, wie auch Miscanthus, im Rahmen der GAP direktzahlungsfähig sind. Die Anrechenbarkeit von KUP als ökologische Vorrangflächen wird von den Beiräten ebenfalls begrüßt. Die Beiräte empfehlen dem Bund und den Ländern, die Fördermöglichkeiten für KUP und Miscanthus über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) und die ländlichen Entwicklungsprogramme fortzuführen bzw. auszubauen. Die Beiräte empfehlen, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu fördern, die auf eine Kaskadennutzung von KUP abzielen.

VI.6 THG-Vermeidungskosten durch EU-weite Ausschreibungen verringern (Adressat: Bund)

Die Beiräte empfehlen, die großen Unterschiede in den Vermeidungskosten zwischen einzelnen Staaten, Regionen und Betrieben als Chance für die Ausgestaltung einer kosteneffizienten Klimaschutzpolitik zu sehen und durch ein EU-weites Ausschreibungsverfahren für THG-Minderungen nutzbar zu machen. Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung daher, sich auf EU-Ebene dafür einzusetzen, ein Ausschreibungsverfahren im Rahmen eines Pilotprojekts zum Moorschutz in den nördlichen und nordöstlichen EU-Mitgliedstaaten zu testen. Bei positiver Evaluierung könnte das Bündel zu honorierender Klimaschutzmaßnahmen im Laufe der Zeit schrittweise erweitert und das Ausschreibungsverfahren auf alle Mitgliedstaaten ausgedehnt werden.

VII Die wichtigsten Empfehlungen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln

Ein wirksamer Klimaschutz erfordert auch merkliche THG-Minderungen im Bereich des Lebensmittelkonsums. Hierfür bestehen Potenziale, auch wenn Lebensmittelkonsum ein existenzielles Grundbedürfnis ist. Im Vordergrund des ernährungsbezogenen Klimaschutzes steht daher nicht die Verringerung des Pro-Kopf-Verbrauchs, sondern die Verlagerung des Konsums auf klimafreundlichere Lebensmittel. Anders als vielfach vorgeschlagen, sehen die Beiräte aufgrund des derzeitigen Wissenstands im Konsum von Ökoprodukten sowie von frisch zubereiteten und von in

¹⁷ Mit einer Umtriebszeit von bis zu 20 Jahren.

der Region erzeugten Lebensmitteln keinen eindeutigen bzw. generellen Beitrag zum Klimaschutz (wohl aber im Verzicht auf Flugware).

VII.1 Konsumsteuerung als Politikfeld etablieren

Wenn Klimaschutzmaßnahmen mit einer Reduktion der landwirtschaftlichen Erzeugung in Deutschland einhergehen und sich nicht gleichzeitig der Konsum von Lebensmitteln im Inland verändert, besteht die Gefahr, dass THG-Emissionen lediglich ins Ausland verlagert werden, da die Konsumnachfrage dann verstärkt über Importe gedeckt wird. Die Beiräte empfehlen Bund und Ländern daher, das Gestaltungsfeld der Konsumsteuerung aktiver zu besetzen und dabei über Informations- und allgemeine Bildungskampagnen hinauszugehen. Hierzu sind multiple Maßnahmen notwendig, zu denen neue Instrumente wie *Nudging* (Veränderung der Entscheidungsarchitektur und Verhaltensoptionen in einem bestimmten Kontext) gehören. Diese sind bisher noch nicht Teil der deutschen Ernährungspolitik, während das tägliche Konsumverhalten der Verbraucher bereits jetzt durch Marketing und Medien in vielfältiger Weise beeinflusst wird.

VII.1.1 Learning-by-Doing-Ansätze nutzen: Multiple Maßnahmen implementieren, empirische Evidenz generieren, neue Steuerungsoptionen nutzen und weiterentwickeln (Adressat: Bund)

Maßnahmen zur THG-Minderung durch eine Veränderung des Lebensmittelkonsums werden typischerweise als sehr komplex oder unpopulär angesehen. Das Wissen um die Relevanz moderner verhaltenspsychologischer und verhaltensökonomischer Forschung sowie insbesondere Kenntnisse hinsichtlich neuer Steuerungsoptionen sind im politischen Raum gering. Notwendig ist der systematische Aufbau einer Evidenzbasis zur Wirksamkeit von multiplen Maßnahmen zur Verhaltensänderung, die über kurzfristige Laborstudien hinausgehen. Außerdem gilt es, neue Maßnahmen zu entwickeln, diese schrittweise zu implementieren und systematisch zu evaluieren (z. B. in ausgewählten Modellregionen). Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung daher, Ernährungspolitik, die auch die Klimarelevanz des Konsums von Lebensmitteln thematisiert, im Sinne eines gezielten Learning-by-doing-Ansatzes zu gestalten.

VII.1.2 Konsumenten verständlich und motivational wirksam über klimafreundliches Ernährungsverhalten informieren (Adressat: Bund, Länder)

Konsumenten, die sich bewusst klimafreundlich ernähren wollen, brauchen verlässliche und verständliche Informationen darüber, wie sie durch ihr Ernährungsverhalten zur Einsparung von THG-Emissionen beitragen können. Obwohl die Beiräte die Wirksamkeit einer einseitigen Kon-

zentration auf explizite Informationsappelle als alleinige Strategie zur Steuerung des Konsumentenverhaltens kritisch beurteilen, können Informationsappelle im Prinzip sehr effektiv sein. Ein Verständnis für die Klimawirksamkeit des Konsums ist zudem Voraussetzung für die Akzeptanz anderer Politikinstrumente. Die Beiräte empfehlen daher dem Bund und den Ländern, den Verbrauchern entsprechende Informationen zu klimafreundlicher Ernährung zur Verfügung zu stellen, vorhandene Vorschläge zu bündeln und aufzuzeigen, wo für den einzelnen Verbraucher die größten THG-Reduktionspotenziale im Bereich der Ernährung liegen.

VII.1.3 Machbarkeit von „Klima-Labels“ prüfen (Adressat: Bund, Länder, Wirtschaft)

Die Umsetzung eines zielführenden *CO₂-Footprint*-Labels schätzen die Beiräte aufgrund der vielfach fehlenden Voraussetzungen und hohen Transaktionskosten in den nächsten Jahren als nicht realistisch ein. Das Bundesministerium sollte allerdings die Möglichkeiten für ein *CO₂-Footprint*-Label in weiteren Forschungs- und Demonstrationsprojekten prüfen. Produktbezogene Informationen über die Klimarelevanz sind für die interessierte Bevölkerung wichtig. Deshalb sollte alternativ zu einem *CO₂-Footprint*-Label für den Lebensmittelbereich über ein staatliches Positiv-Label für vergleichsweise besonders klimafreundliche Lebensmittelgruppen nachgedacht werden. Mit dem „Blauen Engel“ liegt ein Positiv-Label dem Konzept nach vor. Es wird allerdings administrativ dem komplexen Lebensmittelmarkt mit seiner hohen Produktvielfalt derzeit nicht gerecht und wohl auch deshalb für Lebensmittel nicht genutzt. Ein Relaunch des „Blauen Engels“ zu einem starken Klimaschutzzeichen wäre vor diesem Hintergrund zu prüfen.

VII.1.4 Kontexte schaffen, die klimafreundliche Ernährung begünstigen (Länder, Kommunen, Wirtschaft)

Eine Veränderung der Lebensumwelt durch *Nudging* (z. B. Veränderung der Mahlzeitauswahl, Positionierung von Lebensmitteln) sowie die Verknüpfung mit positiven Anreizen („*Priming*“) haben sich in verschiedenen Studien als wirksam erwiesen. Diese Ansätze sollten in Zukunft verstärkt für die Steigerung der Attraktivität von Produkten mit geringeren THG-Emissionen verwendet werden. Beispielsweise könnten zunächst Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung z. B. durch Beratung dabei unterstützt werden, die Mahlzeitauswahl dahingehend zu verändern, dass klimafreundliche Mahlzeiten die Standardvariante sind, wobei ein „*Opt-out*“ möglich ist. Auch für Unternehmen des Einzelhandels und der Gastronomie könnten hier zentrale Ansatzpunkte für gesellschaftlich verantwortungsvolles Management liegen.

VII.2 Den Konsum tierischer Produkte reduzieren

Die Beiräte sehen eine Reduzierung des Verzehrs tierischer Produkte bei denjenigen Personen, deren Verbrauch dieser Produkte über den ernährungswissenschaftlich basierten Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung liegt, als wichtige Stellschraube zur Reduktion von THG-Emissionen an. Dazu ist ein umfassender Instrumenten-Mix notwendig.

VII.2.1 Informationskampagnen schärfen und weiterentwickeln (Adressat: Bund)

Die Beiräte empfehlen eine Schärfung und Weiterentwicklung von bestehenden Informationskampagnen im Bereich gesundheitsfördernder Ernährung wie „IN FORM“ mit einem stärkeren Fokus auf Klimaschutz durch Reduktion des Konsums tierischer Produkte. Um die Effektivität solcher Informationskampagnen beurteilen zu können, sollten verlässliche Monitoring- und Evaluationssysteme eingerichtet werden. Die Kampagnen sollten verdeutlichen, dass es nicht darum geht, vollständig auf Fleisch oder sogar alle tierischen Produkte zu verzichten, sondern um eine Reduktion des Konsums auf ein ernährungsphysiologisch ausgewogenes und zugleich klimafreundliches Maß. Allerdings ist die Klimarelevanz von Fleisch, aber auch von Milchprodukten und Käse, bisher nicht hinreichend kommuniziert.

VII.2.2 Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)

Die öffentliche Gemeinschaftsverpflegung kann für eine Ernährung nach den Empfehlungen der DGE eine Vorreiterrolle einnehmen. Je nach Zuständigkeitsbereich sind hier die Länder bzw. die Kommunen gefordert. Um die notwendige deutliche Verbesserung der Verpflegungssituation umsetzen zu können, benötigen Kommunen (z. B. Schulen) und Länder (z. B. Hochschulen, Studentenwerke) allerdings eine entsprechende Unterstützung (Finanzmittel und Beratung).

VII.2.3 Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte abschaffen und sozialpolitisch flankieren (Adressat: Bund)

Bisher spiegelt sich die Tatsache, dass die Produktion bestimmter Lebensmittel mehr THG-Emissionen pro Kalorie bzw. pro Gramm Protein bewirkt als andere, nicht im Marktpreis dieser Lebensmittel wider. Folgerichtig wäre es aus theoretischer Perspektive, Güter im Rahmen einer Klimasteuer auf Basis ihrer jeweiligen produktspezifischen THG-Emissionen zu besteuern. Für eine differenzierte Klimasteuer fehlt jedoch die empirische Grundlage. Da die Produktion tierischer Lebensmittel im Vergleich zu pflanzlichen im Durchschnitt höhere produktspezifische THG-

Emissionen pro Kalorie bzw. pro Gramm Protein verursacht, empfehlen die Beiräte der Bundesregierung, für tierische Produkte bei der Mehrwertbesteuerung den Regelsteuersatz (19 %) und nicht den reduzierten Satz (7 %) anzuwenden. Um sozial unerwünschte Auswirkungen auf einkommensschwache Bevölkerungsteile abzupuffern, sollte dies sozialpolitisch flankiert werden, z. B. durch Anpassung des für Lebensmittel angesetzten Budgets im Rahmen sozialer Transferleistungen und durch Anpassung der Besteuerung unterer Einkommensgruppen. Weiterhin wäre eine kostenlose Kita- und Schulverpflegung, die sich nach den Empfehlungen der DGE richtet, zu prüfen, auch im Hinblick auf die Steuerung einer nachhaltigen Ernährung.

VII.3 Weniger Lebensmittel wegwerfen (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)

Nach der Reduktion des Verzehrs tierischer Produkte weist die Reduktion von Lebensmittelabfällen das zweithöchste THG-Minderungspotenzial im gesamten Bereich „Konsum von Lebensmitteln“ auf. Die Beiräte empfehlen daher der Bundesregierung, bestehende Initiativen und Programme zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen beizubehalten und weiterzuentwickeln. Verbraucher sollten verstärkt darüber aufgeklärt werden, dass es sich beim Mindesthaltbarkeitsdatum nicht um ein Verfallsdatum handelt.¹⁸ Die Beiräte empfehlen den jeweiligen Trägern, eine Reduktion von Lebensmittelabfällen auch im Rahmen der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung anzustreben. Insbesondere in Kinder- und Jugendeinrichtungen sollte darüber hinaus auf eine ansprechende Präsentation von und einen angemessenen Umgang mit Lebensmitteln geachtet werden, um so Kinder und Jugendliche zu einem wertschätzenden Umgang zu erziehen. Für öffentliche Ausschreibungen von Cateringaufträgen empfehlen die Beiräte, dass Anbieter ein zertifiziertes Abfallmanagementsystem vorweisen müssen.

VII.4 Auch andere Lebensmittel durch klimafreundlichere ersetzen: Leitungs- statt Mineralwasser trinken (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)

Diese Empfehlung wird beispielhaft aufgeführt, da sie für die Konsumenten relativ leicht umsetzbar ist. Verbraucher können durch den Konsum von Leitungswasser Kosten, Zeit und Aufwand sparen. Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung, eine entsprechende Informationskampagne mit dem Ziel der Verhaltensänderung durchzuführen. Die Informationskampagne sollte die genannten Synergieeffekte aufgreifen und ein Gegenbild zu der teilweise stark emotional geleiteten Mineralwasserwerbung entwickeln. Im Bereich der Gemeinschaftsverpflegung und in öffentlichen

¹⁸ Eine Abschaffung des Mindesthaltbarkeitsdatums halten die Beiräte nicht für sinnvoll, da es durchaus ein wertvolles Instrument zur Gewährleistung von Lebensmittelsicherheit und -qualität ist.

Gebäuden empfehlen die Beiräte, das Aufstellen von Trinkbrunnen (leitungsgebundene Wasserspender) verpflichtend einzuführen.

VII.5 Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen (Adressat: Kommunen, Länder, Bund)

Die Förderung einer größeren Auswahl an Mahlzeiten ohne Fleisch bzw. Molkereiprodukten wird als sehr vielversprechende Maßnahme zur Steuerung des Konsumverhaltens angesehen. Gleichzeitig lassen sich durch geeignete Maßnahmen in der Zubereitung der Mahlzeiten Lebensmittelabfälle reduzieren. Die Beiräte empfehlen, in der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung in Leistungsverzeichnissen und Ausschreibungen die Einhaltung der DGE-Qualitätsstandards verbindlich zu machen, die Vorlage eines Abfallmanagementkonzepts verpflichtend einzuführen und die Installation von leitungsgebundenen Trinkwasserspendern vorzuschreiben.

VIII Die wichtigsten Empfehlungen im Bereich Forstwirtschaft und Holzverwendung

Anders als die Landwirtschaft tritt die Forstwirtschaft insgesamt nicht als Verursacher von Treibhausgasen in Erscheinung. Ohne die Speicherung von Kohlenstoff in Wäldern und Holzprodukten und deren Substitutionsleistung wären gegenwärtig die THG-Emissionen in Deutschland um mehr als 14 % höher. Aufgrund einer Reihe von gegenwärtigen Entwicklungen in der Baumartenzusammensetzung und Altersstruktur, dem Schädlings- und Pathogenregime sowie der Nutzungsdichte und dem Verhalten von Waldbesitzern könnte die Mitigationsleistung durch Forstwirtschaft und Holzverwendung in Zukunft allerdings deutlich abnehmen.

Die Maßnahmen im Forst- und im Holzsektor sind miteinander verknüpft und können in positiver und negativer Wechselwirkung miteinander stehen. Die hier vorgestellten Maßnahmen betrachten das Gesamtsystem aus Waldbewirtschaftung und Holzverwendung. Die vorgeschlagenen Maßnahmen fokussieren hauptsächlich auf solche politischen Instrumente, die Anreize für Waldbesitzer darstellen, ihre Bewirtschaftung zur Erhöhung der Klimaschutzleistung entsprechend auszurichten.

VIII.1 Produktive Wälder sichern und nachhaltig nutzen

Die Klimaschutzleistungen der Forstwirtschaft basieren neben der Speicherung von Kohlenstoff (C) in Phytomasse und Böden v. a. auf produktiven Wäldern, die Rohholzsortimente erzeugen, die zu langlebigen Holzprodukten mit hohen Substitutionseffekten verarbeitet werden können. Daher besteht eine wesentliche Herausforderung darin, angesichts der Risiken des Klimawandels nachhaltig eine hohe Produktivität und Nutzung der Wälder zu sichern.

VIII.1.1 Anbau von angepassten und produktiven Baumarten fördern (Adressat: Bund, Länder, Zertifizierungssysteme)

Die Baumartenzusammensetzung der Wälder muss langfristig an die sich ändernden Standortbedingungen angepasst werden. Dazu bedarf es weiterer Forschungsaktivitäten, um die Klimafolgen besser baumarten- und herkunftsspezifisch abschätzen zu können. Gleichzeitig sollte bei der Auswahl zwischen geeigneten Baumarten und Baumartenmischungen auch auf deren jeweiligen Beitrag zum Klimaschutz geachtet werden. Das schließt auch die von ihnen ausgehenden Holzprodukte und ihre jeweilige Verweildauer im Wirtschaftskreislauf mit ein. Bei dieser Betrachtung fallen die Kohlenstoffbilanzen eindeutig zugunsten der produktiven Nadelbaumarten aus. Die Beiräte empfehlen daher, mit forstlichen Förderprogrammen sowohl eine Anpassung der Wälder an den Klimawandel als auch eine Erhöhung ihrer Mitigationsleistung durch den Anbau von weniger Trockenstress-empfindlichen Nadelbaumarten (z. B. Douglasie, Küstentanne, Schwarzkiefer und auf bestimmten Standorten auch die Weißtanne) in Mischung mit Laubbaumarten zu unterstützen. Der vermehrte Anbau dieser Baumarten verlangt auch eine Änderung derjenigen Zertifizierungsstandards (z. B. FSC), die sich bisher im Wesentlichen an der Baumartenzusammensetzung der natürlichen Waldgesellschaften orientieren. Zielvorstellungen für die zukünftige Baumartenzusammensetzung der Wälder sollten stattdessen die umfassende Erfüllung aller Waldfunktionen und explizit auch die der Klimaschutzfunktion einbeziehen.

VIII.1.2 Klimaschutzeffekte bei Schutzgebieten im Wald berücksichtigen (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)

Die Speicherung von Kohlenstoff in nicht genutzten Waldökosystemen bleibt deutlich hinter der Klimaschutzleistung nachhaltig genutzter Wälder zurück. Daher sollten bei der Ausweisung von Waldschutzgebieten Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung stärker als bisher berücksichtigt werden. Dies gilt besonders für Prozessschutzflächen. Bestände, die einerseits naturfern sind und andererseits eine hohe Klimaschutzleistung aufweisen, z. B. sekundäre Nadelwälder, sollten soweit wie möglich aus Schutzgebietskulissen ausgeklammert werden. Zur oftmals notwendigen Arrondierung von Schutzgebieten sollten stärker als bisher naturschutzfachlich wertvolle Flächen im Privat- und Kommunalwald durch die öffentliche Hand erworben oder getauscht werden. Eine differenzierte Abwägung zwischen Zielen des Klimaschutzes und des Biodiversitätsschutzes kann so zu einer Verbesserung der Ressourceneffizienz beitragen.

VIII.2 Schutz von Waldböden gewährleisten (Adressat: Bund, Länder, Zertifizierungssysteme)

Die Waldböden in Deutschland reichern kontinuierlich organische Substanz an und leisten damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Die C-Vorräte unserer Waldböden (bis 30 cm Tiefe) nehmen derzeit um ca. 0,4 t C/ha und Jahr zu. Bei Einbeziehung des tieferen Mineralbodens

(> 30 cm Tiefe) liegt dieser Wert noch deutlich höher. Bei unsachgemäßer Beanspruchung können jedoch auch Waldböden ihre C-Senkenfunktion verlieren und sich sogar zu C-Quellen entwickeln. Störungen von Waldböden durch Befahrung jenseits von Rückegassen oder eine längere Freilage durch Kahlschläge sollten daher vermieden werden. Dies gilt besonders für solche Waldstandorte, deren Böden in ihrer C-Speicherfähigkeit eine hohe Sensitivität gegenüber waldbaulichen und anderen forstlichen Eingriffen zeigen. Der Waldbau und die Forsttechnik haben sich an den ökologischen Erfordernissen auszurichten. Für die verschiedenen Bewirtschaftungseinflüsse (Befahrung, Nährstoffentzüge, Kompensationskalkung) sind standörtlich differenzierte Verfahren und Ansätze anzuwenden, die die Funktion der Waldböden erhalten und sie in ihrer Struktur, Speicherfähigkeit und Fruchtbarkeit schonen.

VIII.3 Beratung und Betreuung kleiner und mittlerer Privat- und Kommunalwaldbetriebe zur Erreichung von Klimaschutzziele verbessern (Adressat: EU, Bund, Länder)

Eine Waldbewirtschaftung, die Klimaschutz und Klimaanpassung angemessen berücksichtigt, muss von den örtlichen Waldbesitzern und -bewirtschaftern umgesetzt werden. Dazu bedarf es einer Verbesserung der forstlichen Planungsgrundlagen und -modelle und sowie einer umfassenden Beratung und Betreuung der örtlichen Entscheidungsträger, die aufeinander abgestimmt werden müssen.

Bisher fehlen für die mittelfristige forstliche Planung (Forsteinrichtung) meist noch räumlich explizite, an die erwartete Klimaentwicklung angepasste Standort-, Wachstums- und Risikoinformationen. Es ist eine wichtige öffentliche Aufgabe, mithilfe von Forschungs- und Entwicklungsprojekten die notwendigen Datengrundlagen zu beschaffen und Modelle zu entwickeln, die insbesondere auch dem Privat- und Körperschaftswald für Planungszwecke zur Verfügung gestellt werden sollten. Ihre Umsetzung setzt aussagekräftige Standortkartierungen voraus, die im Privatwald weitgehend fehlen.

Für den Klein- und Kleinstprivatwald müssen zudem neue Beratungsinstrumente entwickelt werden, da viele der Waldbesitzer durch finanzielle Förderungen und traditionelle Lenkungsmaßnahmen zunehmend weniger angesprochen werden.

VIII.4 Kommunikation der positiven Klimaschutzleistungen der Forstwirtschaft und Holzverwendung verstärken

Die in diesem Gutachten herausgearbeiteten positiven Klimaschutzwirkungen von Forstwirtschaft und Holzverwendung sollten deutlicher als bisher in die Öffentlichkeit getragen werden, um das Bewusstsein in der Bevölkerung dafür zu stärken, dass die nachhaltige Bewirtschaftung von Wald und die Verwendung von Holz in langlebigen Produkten den besten Klimaschutzbeitrag in diesem

Sektor darstellen. Dies erfordert eine gemeinschaftliche Anstrengung aller mit dem Wald- und Holzsektor verbundenen Akteure.

VIII.5 „Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern und deren Mehrfach- bzw. Kaskadennutzung fördern (Adressat: Bund, Länder)

Die Speicherung von Kohlenstoff und die Substitutionseffizienz von Holz hängen sehr stark von der Langlebigkeit der Holzprodukte ab. Letztere wird besonders durch den Einsatz im Baubereich befördert. Hier gibt es jedoch zahlreiche Hemmnisse für eine verstärkte Verwendung von Holz. Daher sollten Bund und Länder die Anpassung der Bauordnungen an die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und technischen Standards (z. B. Brandschutz, Schallschutz, Gesundheitswirkungen) zügig vorantreiben, um die Verwendung von Holz im Bau zu erweitern. Parallel sollte eine Aufklärung von Verbrauchern, Fachplanern und Architekten erfolgen.

Eine höhere Materialnutzungseffizienz ermöglicht die Schaffung von mehr Produkten pro Einheit Rohstoff. Die Mehrfachnutzung von Holz in Kaskaden bietet hierzu Potenziale. In der Nutzungskette sollte Holz so effizient wie möglich eingesetzt werden, wobei die stoffliche Nutzung Vorrang vor der energetischen Nutzung haben sollte. Initiativen zur Umsetzung einer Mehrfach- und Kaskadennutzung sind durch strukturelle Maßnahmen und Anreize zu fördern.

IX Klimaschutz verstärken und Potenziale nutzen

Abschließend betonen die Beiräte: Ambitionierte Klimaziele sind notwendig. Damit diese erreicht werden können, müssen Land-, Forst- und Holzwirtschaft (incl. Holzverwendung) sowie die Konsumenten von Lebensmitteln stärker als bisher zum Klimaschutz beitragen. Dass hierfür ein großes Potenzial besteht, wird in diesem Gutachten aufgezeigt. Die notwendige Transformation zu einer sog. kohlenstoffarmen Wirtschaft wird Jahrzehnte beanspruchen und sollte daher als langfristiger Lern- und Anpassungsprozess aufgefasst werden. Gerade weil einige vom Minderungspotenzial her gewichtige Klimaschutzmaßnahmen lange Zeit benötigen, um ihre volle Wirkung zu entfalten, ist es dringend geboten, zügig mit der Umsetzung zu beginnen.

Langfassung

1 Einleitung

Die Auswirkungen eines vermehrten Ausstoßes von Treibhausgasen (THG) – insbesondere Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) – auf den Klimawandel sind in den letzten Jahrzehnten zunehmend ins gesellschaftliche Bewusstsein und auf die nationale und internationale politische Agenda gerückt. Um zu verhindern, dass die globale Erwärmung so stark ansteigt, dass die Auswirkungen auf Ökosysteme und die Gesellschaft unabsehbare negative Folgen entfalten, sind drastische Reduzierungen der weltweiten THG-Emissionen erforderlich (IPCC 2014). Deshalb verpflichteten sich die Mitgliedstaaten der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) 2010 dem Ziel, den Anstieg der globalen Erwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf 2 °C zu begrenzen. Um dieses Ziel wahrscheinlich¹⁹ zu erreichen, ist es gemäß des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) erforderlich, dass die globalen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 40 bis 70 % gegenüber dem Jahr 2010 reduziert werden und die Emissionen 2100 nahe null bzw. darunter liegen (IPCC 2014: 20).²⁰ Auf der Weltklimakonferenz in Paris im Dezember 2015 wurde nicht nur erstmals die 2-Grad-Obergrenze in einem völkerrechtlichen Abkommen verankert. Darüber hinaus verpflichteten sich die Vertragsstaaten auch zu Anstrengungen, den Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu begrenzen.

Klimaschutz stellt eine globale Herausforderung dar. Die Auswirkungen der Treibhausgase sind unabhängig davon, an welchem Ort der Welt oder in welchem Sektor sie emittiert werden. Dies erlaubt kurz- und mittelfristig eine hohe Flexibilität bei der Emissionsminderung und bietet in der Theorie günstige Voraussetzungen, Klimaschutz durch eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen oder eine langfristige Festlegung (Sequestrierung) von Kohlenstoff zu möglichst geringen Kosten zu erreichen. Langfristig werden zur Erreichung ambitionierter Reduktionsziele jedoch auch weniger kostengünstige Maßnahmen umgesetzt werden müssen.

Die Reduzierung von THG-Emissionen dient dem Schutz des Klimas als globales öffentliches Gut. Ein einzelner Staat kann von den eigenen Treibhausgasreduzierungen bzw. Kohlenstofffestlegungen nur begrenzt profitieren und ist für einen wirksamen Klimaschutz auf entsprechende Aktivitäten anderer Staaten angewiesen. Gleichzeitig besteht für jeden Staat ein Anreiz, sich als Trittbrettfahrer zu verhalten, also keine eigenen Klimaschutzanstrengungen zu unternehmen und von denen anderer Staaten zu profitieren. Deshalb sind internationale Klimaschutzabkommen auf europäischer und globaler Ebene so wichtig für eine wirksame Klimaschutzpolitik.

¹⁹ Das IPCC versteht hierunter eine Wahrscheinlichkeit von mehr als 66 %.

²⁰ Laut IPCC (2014: 10) erfordert die wahrscheinliche Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 2 °C, dass ab dem Jahr 2011 weltweit nur noch etwa 1.000 Mrd. t CO₂ aus anthropogenen Quellen emittiert werden. Zum sog. 2-Grad-Ziel s. Jaeger und Jaeger (2011).

Die Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE) und für Waldpolitik (WBW) befürworten ambitionierte globale, aber auch EU- und bundesweite Emissionsziele, auch vor dem Hintergrund der relativ hohen THG-Emissionen pro Einwohner in Deutschland und der EU. Der WBAE und der WBW begrüßen ambitionierte Ziele sowohl aus Gerechtigkeitsgründen als auch, weil sie im wohlverstandenen Eigeninteresse Deutschlands und der EU liegen. Aus Gerechtigkeitsgründen sind Akteure (etwa Einzelstaaten, aber auch Produzenten und Konsumenten), die mit ihren Treibhausgasemissionen *anderen* Menschen heute oder zukünftig schaden, unter bestimmten Bedingungen moralisch zu Emissionsreduzierungen verpflichtet. Gründe für solche moralischen Pflichten liegen vor, wenn ein Akteur in relevantem Maß Treibhausgasemissionen verursacht (Verursacherprinzip), er von den von ihm verursachten Treibhausgasemissionen profitiert (Nutznießprinzip) und/oder aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen besser als andere in der Lage ist, Treibhausgasemissionen im relevanten Ausmaß zu reduzieren (Fähigkeitenprinzip) (Hayward 2012). Darüber hinaus kann unter wirtschaftspolitischen Gesichtspunkten eine Vorreiterrolle beim Klimaschutz langfristig eine sinnvolle Strategie sein, insofern dies dazu beiträgt, den eigenen Wirtschaftsstandort im Wettbewerb um zukunftsfähige Technologien zu stärken.

Deutschland und die EU streben an, ihre THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 bis 95 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren. Dies impliziert langfristig die Transformation des gesamten Energie- und Wirtschaftssystems hin zu einer deutlich emissionsreduzierten Wirtschaft (s. z. B. WBGU 2011). Damit wird die Flexibilität, Emissionsminderungen nur in einzelnen, besonders kostengünstigen Bereichen umzusetzen, im Zeitverlauf abnehmen. Künftig wird es darum gehen, für alle relevanten Sektoren kostengünstige Emissionsminderungs- oder Kohlenstofffestlegungsstrategien zu entwickeln, frühzeitig die Weichen für Strukturanpassungen und neue Technologien zu stellen und klimaschutzpolitische Fehlinvestitionen zu vermeiden. Dies schließt die Forstwirtschaft und die Verwendung von Holzprodukten ein. Mit der Langfristigkeit der Transformation gehen notwendigerweise Unsicherheiten im Bereich der Produktion und des klimaschonenden Konsums, aber auch für die Gestaltung einer effizienten Klimaschutzpolitik einher. Klimaschutzpolitische Zwischenziele und Maßnahmen sind daher regelmäßig kritisch zu überprüfen und, falls erforderlich, nachzjustieren. Zu berücksichtigen ist zudem, dass sich bei vielen Klimaschutzmaßnahmen Synergien, aber auch Konflikte mit anderen gesellschaftlichen Zielen wie Umwelt-, Natur- und Tierschutz, Wirtschaftswachstum oder gesunder Ernährung identifizieren lassen, die es abzuwägen gilt.

Die Landwirtschaft ist ein wichtiger Emittent von THG: rund 11 % der Gesamtemissionen Deutschlands (904 Mio. t CO₂-Äq) entfielen 2014 auf diesen Sektor.²¹ Der relative Anteil wird voraussichtlich langfristig deutlich steigen, da landwirtschaftliche Landnutzung in offenen Systemen stattfindet und dies die Möglichkeiten der THG-Reduzierungen stärker als in anderen Sektoren

²¹ Zur zugrunde liegenden Abgrenzung des Sektors Landwirtschaft s. Kap. 2.2.

erschwert bzw. begrenzt. Allerdings bestehen auch in der Landwirtschaft beachtenswerte Reduktionspotenziale.

Anders als punktförmige Emissionsquellen wie Kraftwerke emittiert die Landwirtschaft flächendeckend klimarelevante Gase, und das Ausmaß dieser diffusen Emissionen hängt von komplexen Wechselwirkungen zwischen einer Vielzahl räumlich und zeitlich stark variierender Faktoren ab, die z. T. durch die Landwirte selbst nicht beeinflussbar und nur begrenzt vorhersehbar sind (z. B. die Witterung). Dies ist bei der Konzipierung von Klimaschutzempfehlungen zu berücksichtigen.

In der ober- und unterirdischen Phytomasse bzw. der organischen Bodensubstanz sind bedeutende Mengen an Kohlenstoff festgelegt. Sowohl die Landwirtschaft als auch der Wald, die zusammen 82 % der Gesamtfläche Deutschlands bedecken (BMEL 2014a: 90), können zu einer Mehrung, aber auch zu einer Reduzierung dieser Kohlenstoffspeicher beitragen. Beide Landnutzungsformen, insbesondere die Forstwirtschaft, haben auch ein sehr großes Potenzial, über ihre Produkte Kohlenstoff langfristig festzulegen (Produktspeicher) und über stoffliche und energetische Substitutionseffekte zur Reduktion von THG-Emissionen bzw. zur Vermeidung von Emissionen aus fossilen Energieträgern beizutragen. Allein der jährliche Beitrag zur THG-Minderung der deutschen Forstwirtschaft und Holzverwendung aus diesen Speicherungs- und Substitutionseffekten wird auf über 150 Mio. t CO₂-Äq geschätzt (s. Kap. 5.4). Dies ist deutlich mehr, als die Landwirtschaft jedes Jahr emittiert (s. Abb. 2.2 und 2.3). Neben den Mooren gehören Wälder aufgrund ihrer großflächigen Ausdehnung und der hohen Kohlenstoffdichte zu den wirksamsten terrestrischen C-Speichern und sind bedeutende C-Senken.

THG-Emissionen treten entlang der gesamten Wertschöpfungsketten der Primärproduktion auf. Die Wertschöpfungsketten reichen von Vorleistungen wie Betriebsmittel und Maschinen über die land- und forstwirtschaftliche Primärproduktion und den nachgelagerten Bereich bis hin zu den Konsumenten. Die kumulierten THG-Emissionen pro Einheit (Kilogramm, Kilokalorie etc.) unterscheiden sich zwischen verschiedenen Lebensmitteln, aber auch bei gleichen Lebensmitteln je nach Transport, Verarbeitung etc. z. T. deutlich. Ernährungsstile und Verzehrsgewohnheiten haben deshalb einen großen Einfluss auf die gesamten THG-Emissionen.

Die Land- und die Forstwirtschaft sind nicht in den EU-weiten Handel mit CO₂-Emissionsrechten im EU-Emissionshandelssystem (Emission Trading System, ETS) einbezogen. Obgleich es keine spezifischen THG-Reduktionsziele für die Land- und Forstwirtschaft gibt, sind beide Sektoren gemeinsam mit weiteren, nicht in das Emissionshandelssystem einbezogenen Sektoren in die international vereinbarten Reduktionsziele für die nationalen THG-Emissionen eingebunden. Eine weitergehende Integration in die internationale und EU-Klimaschutzpolitik wird derzeit angestrebt.²²

²² Dies zeigt z. B. der Vorschlag der Europäischen Kommission für den „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“ (s. Kap. 3.1).

Die Land- und die Forstwirtschaft der EU sind stark in die Weltwirtschaft integriert. Nationale Klimaschutzmaßnahmen haben auch Auswirkungen auf Produktion und Konsum in anderen Ländern. Diese Auswirkungen können positiv oder negativ für die globale THG-Bilanz sein. Emissionsverlagerungseffekte (*Leakage*-Effekte), die sich oft nur grob abschätzen lassen, verdeutlichen die Bedeutung der Systemgrenzen für die Quantifizierung von THG-Emissionen. Diese Effekte können bei land- und forstwirtschaftlichen Klimaschutzmaßnahmen ein bedeutendes Ausmaß annehmen und gehen insbesondere auf direkte und indirekte Landnutzungsänderungen²³ zurück.

Im Zentrum dieses Gutachtens steht der Klimaschutz (Verminderung von THG, in englischen Texten als *Mitigation* bezeichnet). Die Anpassung an den Klimawandel (*Adaptation*) wird in diesem Gutachten nur insoweit thematisiert, als sie für den Klimaschutz relevant ist. Dies trifft für den Forstbereich stärker zu als für die Landwirtschaft, da die Klimaschutzleistung der Forstwirtschaft stark von der Stabilität und Produktivität der Wälder abhängt. Wegen der langen Produktionszeiträume (z. B. bei Eichen 160 bis 240 Jahre, bei Buchen ca. 120 bis 160 Jahre, bei Fichten ca. 60 bis 100 Jahre) sind zudem die Möglichkeiten der zeitnahen Anpassung an Klimaänderungen in der Forstwirtschaft sehr viel geringer und müssen daher viel langfristiger geplant werden als in der Landwirtschaft mit ihren überwiegend unterjährigen Produktionszeiträumen.

Damit ambitionierte Klimaziele erreicht werden können, müssen Land- und Ernährungswirtschaft, Forst- und Holzwirtschaft sowie die Konsumenten von Lebensmitteln stärker zur Erreichung ambitionierter gesamtwirtschaftlicher Klimaschutzziele beitragen. Hauptziel des Gutachtens ist es daher, politischen Entscheidungsträgern Empfehlungen für einen effektiven und effizienten Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung zu geben. Hierzu werden technische Ansatzstellen zur THG-Reduzierung bzw. Kohlenstofffestlegung und klimapolitische Instrumente zur Umsetzung dieser Maßnahmen beschrieben und anhand relevanter Kriterien bewertet und priorisiert. Kriterien sind das THG-Minderungs- bzw. Kohlenstofffestlegungspotenzial, die Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung/Kohlenstofffestlegung, Synergien und Konflikte mit anderen gesellschaftlichen Zielen, Vermeidungskosten, potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte, die Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung. Zudem enthält das Gutachten Empfehlungen zur Frage, wie die nach dem System der Treibhausgasberichterstattung der UNFCCC als „Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft“ (*Land Use, Land Use Change and Forestry*, LULUCF) bezeichnete Kategorie der THG-Quellen in die Klimaschutzpolitik der EU integriert werden sollte.

²³ Eine direkte Landnutzungsänderung (dLUC = *direct land use change*) liegt z. B. vor, wenn eine vorher nicht landwirtschaftlich genutzte Fläche für den Anbau von Kulturpflanzen (zur Nahrungs-, Futtermittel- oder Bioenergieerzeugung) genutzt wird oder bei einer bereits landwirtschaftlich genutzten Fläche ein Wechsel zwischen den Nutzungskategorien Acker und Grünland stattfindet. Von einer indirekten Landnutzungsänderung (iLUC = *indirect land use change*) wird gesprochen, wenn die Verringerung der Produktion auf einer Fläche über den Preismechanismus anderswo induziert, dass vorher nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen in Kultur genommen werden oder schon vorher landwirtschaftlich genutzte Flächen intensiver genutzt werden (s. Kap. 2.1.2).

Die Empfehlungen des Gutachtens dienen der Ausgestaltung einer umfassenden Klimaschutzstrategie in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung und beinhalten konkrete Politikmaßnahmen. Die Klimaschutzanstrengungen in den genannten Sektoren sollten kompatibel zu europäischen und nationalen gesamtgesellschaftlichen Klimaschutzstrategien und -initiativen sein. Darüber hinaus sollten sie auch in adäquate internationale Klimaschutzabkommen eingebettet sein, ohne die ein wirksamer Klimaschutz nicht möglich ist.

Das Gutachten ist wie folgt aufgebaut: Die Bedeutung der Land- und Ernährungswirtschaft, der Forstwirtschaft sowie des Konsums von Lebensmitteln für die Emission von Treibhausgasen bzw. die Kohlenstofffestlegung in Deutschland wird in Kapitel 2 dargestellt. Die Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsmöglichkeiten werden für den Forstbereich ebenfalls in Kapitel 2 behandelt. Kapitel 3 gibt einen Überblick über klimapolitische Ziele in Deutschland und der EU sowie über klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die hier diskutierten Sektoren. Kapitel 4 diskutiert unterschiedliche klimaschutzpolitische Instrumente mit Bezug auf die Land- und Ernährungswirtschaft, die Forstwirtschaft sowie den Konsum von Lebensmitteln. Kapitel 5 benennt Kriterien für die Bewertung einer Klimaschutzstrategie bzw. konkreter Politikmaßnahmen und gibt einen Überblick über mögliche Klimaschutzmaßnahmen. Einige dieser Maßnahmen lassen sich mit unterschiedlichen klimaschutzpolitischen Instrumenten (von Information und Beratung über Anreizinstrumente, Ge- und Verbote bis hin zur staatlichen Erstellung bestimmter Güter und Leistungen) zu konkreten Politikempfehlungen verbinden. Kapitel 6 enthält sowohl übergeordnete generelle als auch sektorbezogene Empfehlungen des WBAE und des WBW zur Klimaschutzpolitik.

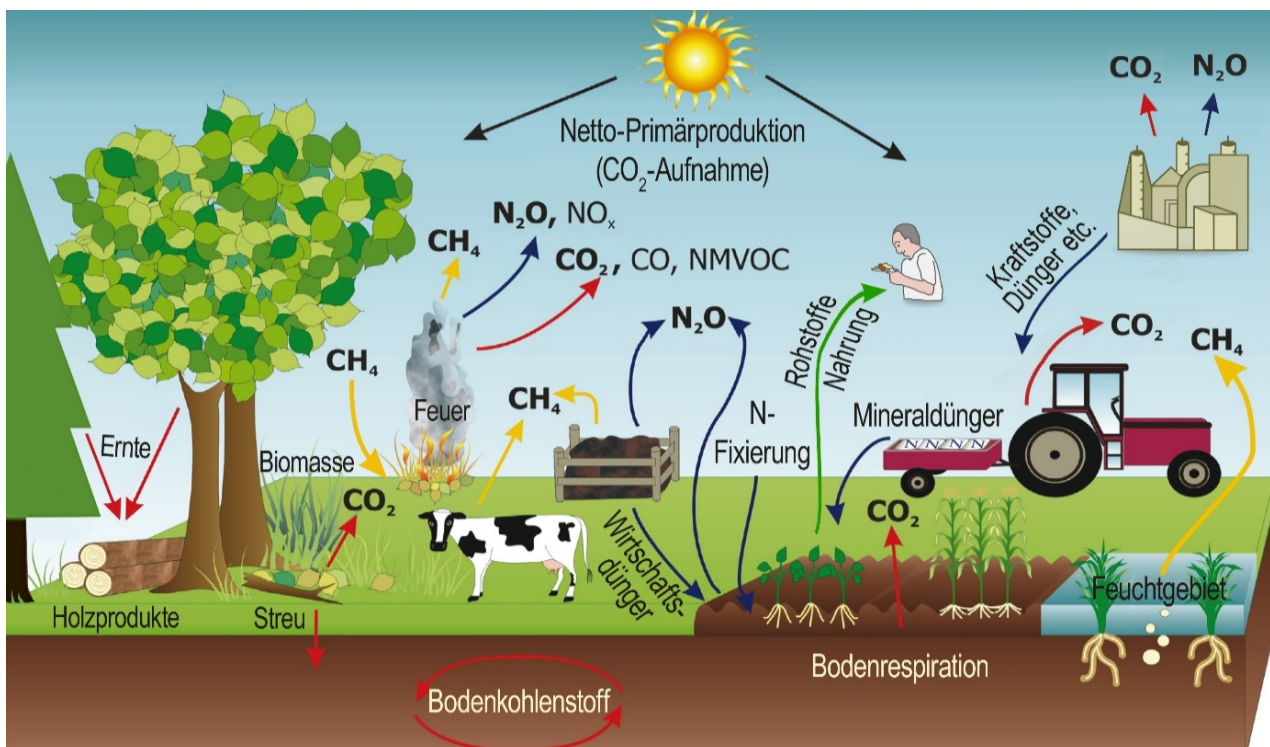
Das vorliegende Gutachten wurde gemeinsam von beiden Beiräten erstellt und verabschiedet. Den Kompetenzen der jeweiligen Beiräte entsprechend wurden Bereiche des Gutachtens, die sich mit Forstwirtschaft und Holzverwendung beschäftigen, hauptsächlich vom WBW und die Bereiche, in denen es um Land- und Ernährungswirtschaft sowie Konsum von Lebensmitteln geht, hauptsächlich vom WBAE bearbeitet.

2 Bestandsaufnahme: Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung sowie Auswirkungen des Klimawandels

Weltweit wurden 2010 rund $49 \pm 4,5$ Mrd. t CO_2 -Äq emittiert (IPCC 2014: 5). Darin enthalten sind die Emissionen aus der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und sonstiger Landnutzung mit einem Anteil von ca. 24 % (IPCC 2014: 46). Basierend auf anderen Datenquellen und Berechnungsansätzen wird der Anteil des Bereichs Ernährung an den globalen THG-Emissionen auf bis zu 30 % geschätzt (Bajželj et al. 2013). Hierin enthalten sind die Emissionen aus der Landwirtschaft, die auf die Lebensmittelproduktion zurückzuführen sind. In der EU liegt der Anteil der Ernährung an den Gesamtemissionen in einer vergleichbaren Größenordnung (s. Garnett 2011 für eine Auflistung von Studien), für Deutschland mit rund 25 % etwas niedriger (s. Kap. 2.4).

Die wichtigsten Treibhausgase insgesamt, auch in landwirtschaftlich genutzten Ökosystemen (s. Abb. 2.1), sind Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). Wie Abb. 2.1 zeigt, treten diese bei der Landwirtschaft insbesondere in Zusammenhang mit der Wiederkäuerhaltung (Fermentation), Düngung und Nutzung organischer Böden auf. Die längerfristige Festlegung von Kohlenstoff findet sowohl im Boden als auch in der oberirdischen Biomasse (insbesondere Holz) sowie Holzprodukten statt. In Deutschland stellen die Wälder aufgrund dieser Festlegungsprozesse gegenwärtig eine Kohlenstoffsene dar, obwohl es auf globaler Ebene aufgrund der Rodung von Wäldern Netto-THG-Emissionen aus dem Forstsektor gibt.

Abbildung 2.1: Wichtige Treibhausgase und Prozesse land- und forstwirtschaftlich genutzter Ökosysteme



Quelle: Verändert nach IPCC (2006: 1.6).

Lebensmittel verursachen entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der landwirtschaftlichen Produktion einschließlich des vorgelagerten Bereichs über verschiedene Verarbeiter, Vermarkter und den Einzelhandel bis zum Endverbraucher Treibhausgasemissionen (s. Abb. 2.2). Von diesen wird lediglich der Anteil, der nach dem Kauf des Lebensmittels entsteht, vom Verbraucher direkt verursacht. Betrachtet man den Konsum von Lebensmitteln mit dem Ziel, damit einhergehende Treibhausgasemissionen zu verringern, werden jedoch nicht nur diese direkt verursachten THG-Emissionen – z. B. bei der Erledigung der Einkaufswege, der Kühlung oder der Zubereitung der Lebensmittel im Haushalt – in den Blick genommen. Betrachtet werden zudem die vom Verbraucher indirekt verursachten Emissionen, also die, die aus der Produktion und Verarbeitung bis zur Ladentheke entstehen.

Diese aus Konsumsicht indirekten Emissionen werden in diesem Gutachten aus zwei Perspektiven betrachtet – einerseits als in der Landwirtschaft auftretend und andererseits als konsuminduziert. Die Emissionen, die sich bei der konsuminduzierten Betrachtung für die Landwirtschaft ergeben, sind aber nicht identisch mit denen laut THG-Berichterstattung (s. Kap. 2.3), da die Systemgrenzen und die Datengrundlagen unterschiedlich sind. Bei den THG-Emissionen der Ernährung in diesem Unterkapitel werden die den in Deutschland verzehrten Lebensmitteln zuordenbaren Emissionen erfasst, unabhängig davon, ob die Lebensmittel in Deutschland oder im Ausland produziert wurden. In der THG-Berichterstattung werden dagegen die Emissionen aufgeführt, die in der Landwirtschaft in Deutschland entstehen (unabhängig davon, ob die Produkte in Deutschland verwendet oder exportiert werden).

Die Betrachtung der durch den Lebensmittelkonsum in Deutschland indirekt hervorgerufenen Emissionen ist deswegen sinnvoll, weil sich aus der Ernährungsperspektive andere Klimaschutzempfehlungen ableiten lassen als aus der Produktionsperspektive (s. Kap. 5 und 6). Es handelt sich bei der Produktions- und Konsumsicht um zwei komplementäre Perspektiven.

In diesem Kapitel wird zunächst auf grundsätzliche Begrifflichkeiten, Systemgrenzen und Ansätze zur Quantifizierung von THG-Emissionen eingegangen (Kap. 2.1). Daran schließt sich ein Überblick über die gesamten Emissionen in Deutschland an (Kap. 2.2), bevor die Emissionen und die Kohlenstofffestlegung in der Land- und der Forstwirtschaft (Kap. 2.3) und die im Bereich der Ernährung (Kap. 2.4) betrachtet werden. Die Bedeutung der Anpassung an den Klimawandel für die Klimaschutzleistungen der Forst- und der Landwirtschaft wird in Kapitel 2.5 behandelt.

2.1 Systemgrenzen bei der Ermittlung von THG-Emissionen

Will man die THG-Emissionen für bestimmte Sektoren wie die Landwirtschaft oder bestimmte Produkte wie Rindfleisch berechnen, kommt der Festlegung der Systemgrenzen eine große Bedeutung zu. Wie die weiteren Ausführungen in diesem Kapitel zeigen, ergeben sich Unterschiede zwischen verschiedenen Studien und Datenwerken je nachdem, ob z. B. die bei der Mineraldüngerherstellung anfallenden THG-Emissionen dem Sektor Landwirtschaft zugerechnet und ob die Reduzierung der THG-Emissionen fossiler Energien durch deren Substitution durch Bioenergie der Land- oder Forstwirtschaft gutgeschrieben werden oder denjenigen, die diese Energie einsetzen. Produktspezifische THG-Berechnungen unterscheiden sich oftmals je nachdem, ob die Emissionen der gesamten Kette von der Herstellung von Produktionsfaktoren über die Land- oder Forstwirtschaft, Verarbeitung, den Handel, Transport, Einkauf bis hin zur Zubereitung (Lebensmittel) oder Verwendung als Produkt (z. B. Holz) im Haushalt und zum Abfall berücksichtigt werden oder nur ein Ausschnitt aus dieser Kette. Sowohl für die sektor- als auch die produktspezifische Systemabgrenzung relevant ist die Frage, ob nur die in Deutschland anfallenden Emissionen oder auch diejenigen außerhalb Deutschlands betrachtet werden und ob auch indirekte Landnutzungsänderungen berücksichtigt werden

Im vorliegenden Unterkapitel wird wegen der Bedeutung der Treibhausgasberichterstattung gemäß der Klimarahmenkonvention auf die dort angewandte Systemabgrenzung und auf direkte und indirekte Landnutzungsänderungen eingegangen, bevor dann in den folgenden Unterkapiteln ein Überblick über das Ausmaß von THG-Emissionen nach dieser und nach anderen Abgrenzungen gegeben wird.

2.1.1 Treibhausgasberichterstattung nach Klimarahmenkonvention

Die Treibhausgasberichterstattung (s. Kasten 1) nach den Vorgaben der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) stellt eine international anerkannte und vereinheitlichte Datengrundlage über Treibhausgasemissionen dar. Die Vertragsstaaten berichten jährlich nach dem Territorialprinzip über die innerhalb ihres Staatsgebietes entstandenen THG-Emissionen. Diese werden fünf Quellgruppen zugeordnet. So werden in Quellgruppe 1 alle Emissionen erfasst, die mit der Verbrennung fossiler Energieträger zusammenhängen. Die Verwendung von Diesel in der Landwirtschaft wird somit der Quellgruppe 1 und nicht der Quellgruppe 3 „Landwirtschaft“ zugeordnet. Quellgruppe 3 berücksichtigt nur THG-Emissionen, die mit der landwirtschaftlichen Nutzung in direktem Zusammenhang stehen. In der Quellgruppe 4 „Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (*Land Use, Land Use Change and Forestry*, LULUCF)“ werden insbesondere CO₂-Emissionen aus dem Auf- und Abbau von Kohlenstoffspeichern in den Ökosystemen erfasst.

Aufgrund der Quellgruppenbetrachtung ist es daher nicht ohne weiteres möglich, Rückschlüsse auf das Emissionsgeschehen in Wirtschaftssektoren und entlang der Wertschöpfungskette zu ziehen. Indirekte Emissionen aus der Bereitstellung von Vorleistungsgütern für die land- und forstwirtschaftliche Produktion werden in anderen Quellgruppen (z. B. Energie) erfasst. Zudem werden Emissionen aus der Herstellung importierter Produkte am Ort der Emissionsentstehung, also im exportierenden Land bilanziert. Die Erzeugung von erneuerbaren Energien durch die Landwirtschaft führt in der THG-Berichterstattung nicht zu einer Entlastung der Quellgruppe „Landwirtschaft“, sondern führt über die Substitution fossiler Energien zu einer Reduzierung der Emissionen in der Quellgruppe „Energie“; gleiches gilt für die Erzeugung von Bioenergie durch die Forstwirtschaft.

Für den Bereich „Wald“ ist zu beachten, dass die Definitionen und Betrachtungsweisen zwischen Klimarahmenkonvention (Berichterstattung) und Kyoto-Protokoll (Anrechnung von Emissionen) leicht divergieren und sich die Bezugsbasis für die Anrechnung von der ersten zur zweiten Verpflichtungsperiode nach dem Kyoto-Protokoll verändert hat sowie durch technischen und methodischen Fortschritt Änderungen in den Inventaren möglich und nötig wurden (siehe Anhang für Erläuterungen und Beispiele). Dies ist bei Quellenvergleichen von Angaben zur Entwicklung von Treibhausgasemissionen zu berücksichtigen.

Kasten 1: Zentrale Elemente der Treibhausgasberichterstattung

Internationale Berichtspflicht: Jährliche Erstellung eines Nationalen Inventarberichts (NIR) gemäß Klimarahmenkonvention

Sieben erfasste direkte Treibhausgase: Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC), Schwefelhexafluorid (SF₆), Stickstofftrifluorid (NF₃)

Vier erfasste indirekte Treibhausgase: Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x), flüchtige organische Verbindungen (NMVOC), Kohlenstoffmonoxid (CO),

Treibhauspotenzial (CO₂-Äq): Umrechnung der Treibhausgase in CO₂-Äquivalente, basierend auf den Wirkungen der Treibhausgase über einen Zeithorizont von 100 Jahren (CO₂ = 1, CH₄ = 25, N₂O = 298, HFC = 12 bis 114.800, PFC = 7.390 bis 12.200, SF₆ = 22.800, NF₃ = 17.200)

Sechs Quellgruppen: 1. Energie, 2. Industrie, 3. Landwirtschaft, 4., Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF), 5. Abfall, 6. Andere (für Deutschland nicht relevant)

Unterteilung der Quellgruppe 3 Landwirtschaft: 3.A Verdauung, 3.B Düngewirtschaft, 3.C Reisanbau (für Deutschland nicht relevant), 3.D landwirtschaftliche Böden, 3.E Brandrodung (für Deutschland nicht relevant), 3.F Verbrennen von Ernterückständen (für Deutschland nicht relevant), 3.G Kalkung, 3.H Harnstoffanwendung, 3.J Andere (u. a. Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen)

Unterteilung der Quellgruppe 4 LULUCF: 4.A Wald, 4.B Acker, 4.C Grünland, 4.D Feuchtgebiete, 4.E Siedlungen, 4.F sonstiges Land (für Deutschland nicht relevant), 4.G Holzprodukte, 4.H Andere (für Deutschland nicht relevant)

Emissionsberechnung nach international verbindlichen Vorgaben:
Emissionsmenge = Aktivitätsumfang einer Quelle * Emissionsfaktor

Räumlicher Bezug: Territorialprinzip, d. h. Emissionen werden in dem Vertragsstaat berichtet, in dem sie entstehen (und nicht im dem Staat, in dem das Produkt konsumiert wird)

Zuständigkeiten in Deutschland: Federführung durch BMUB, Umweltbundesamt als Nationale Koordinierungsstelle, Thünen-Institut ist für die Erarbeitung der Kapitel Landwirtschaft sowie Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft des NIR zuständig.

Fundstellen der Nationalen Inventarberichte:

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>,

http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8812.php

2.1.2 Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen

In historischer Betrachtung sind Änderungen der Landnutzung ein zentrales Element im Prozess wirtschaftlicher Entwicklung. Dieser beginnt meist mit der Nutzung von Primärwäldern als Heiz- und Baumaterial sowie deren Umwandlung in Acker- und Weideland (Mather 1992). Global betrachtet sind Landnutzungsänderungen heute nach der Verwendung fossiler Brennstoffe ein Hauptverursacher von THG-Emissionen (Bajželj et al. 2013). Im Kontext von Klimaschutzdiskussi-

onen werden die Klimaeffekte von Landnutzungsänderungen insbesondere im Zusammenhang mit der Erzeugung landwirtschaftlicher Biomasse zur Substitution fossiler Energien thematisiert. Landnutzungsänderungen sollten aber prinzipiell bei allen Klimaschutzmaßnahmen betrachtet werden, die einen Einfluss auf die Landnutzung haben, also z. B. auch für Maßnahmen zur Förderung des Ökolandbaus oder zur Reduktion des Konsums tierischer Produkte.

Landnutzungsänderungen lassen sich analytisch als Summe der direkten Landnutzungsänderungen (dLUC = *direct land use change*) und der indirekten Landnutzungsänderungen (iLUC = *indirect land use change*) verstehen.²⁴ Ändert sich die Nutzung einer Fläche, so hat dies direkte Klimaauswirkungen (dLUC), wenn sich die von dieser konkreten Fläche ausgehenden THG-Emissionen oder der C-Speicher dieser Fläche ändern. Die Nutzungsänderung verursacht zudem Änderungen des Güterangebots. Die hierdurch hervorgerufenen Preiseffekte führen prinzipiell dazu, dass sich auch die Landnutzung auf anderen Flächen ändert. Von der direkten Landnutzungsänderung einer Fläche werden demnach indirekt Landnutzungsänderungen (iLUC) auf anderen Flächen hervorgerufen.

Am Beispiel der Bioenergieförderung auf landwirtschaftlichen Flächen lässt sich dies wie folgt verdeutlichen: dLUC treten auf den Flächen auf, die wegen der Förderung zur Bioenergieerzeugung genutzt werden. Wurde die Fläche bereits zuvor landwirtschaftlich genutzt, kann eine veränderte Nutzungsintensität der Fläche (z. B. Düngemittleinsatz) zu einer Änderung der THG-Emissionen führen. Der C-Speicher kann sich ändern, wenn z. B. Grünland zu Ackerland umgebrochen wurde oder die Fläche vorher nicht landwirtschaftlich genutzt wurde. Indirekte Landnutzungsänderungen treten auf, wenn die Ausdehnung des Anbaus von Energiepflanzen auf Flächen erfolgt, die zuvor dem Anbau von Futter oder Lebensmitteln dienten, und deshalb über den Preismechanismus vermittelt zusätzliche Bodenressourcen an anderen Standorten erschlossen oder intensiver genutzt werden, um den Bedarf an Futter und Lebensmitteln weiterhin zu bedienen (Searchinger et al. 2008). Die Erschließung neuer landwirtschaftlicher Flächen war und ist ein bedeutender Treiber der Umwandlung von tropischem Grasland, aber v. a. von Wäldern (Gibbs et al. 2010, Foley et al. 2011). Obwohl die globalen Entwaldungsraten über die letzten Jahre abnahmen und große regionale Unterschiede bestehen, sind tropische Wälder noch immer Entwaldungs-Hotspots (Nepstad et al. 2014, Keenan et al. 2015). Da diese Ökosysteme mitunter über sehr große Kohlenstoffspeicher verfügen (Pan et al. 2011, Thompson et al. 2012), können die negativen Klimawirkungen dabei bedeutend höher sein als das Reduktionspotenzial des Energiepflanzenanbaus in gemäßigten Breiten (Searchinger et al. 2008, Chum et al. 2011).

²⁴ Nur die Landnutzungsänderungen, die aufgrund einer bestimmten einzelnen Maßnahme (z. B. Ausbau von Palmölplantagen, Umstellung auf ökologischen Landbau) auftreten, lassen sich analytisch in direkte und indirekte unterteilen. Wenn man hingegen die gesamten Landnutzungsänderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt betrachtet, sind es alles direkte Landnutzungsänderungen.

Das klimapolitische Ziel der Bundesregierung zur Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien (s. Tab. 3.1) auf 18 % des Bruttoendenergieverbrauchs (Bundesregierung 2010: 4) könnte durch steigenden Flächenbedarf zu solchen Emissionsverlagerungseffekten führen. Das gilt insbesondere, wenn biomassebasierte Energielinien ausgedehnt werden.²⁵ Bereits jetzt sind außerhalb Deutschlands mindestens 2,5 Mio. ha Ackerland über den Import von Futtermitteln und tierischen Erzeugnissen für den inländischen Verbrauch belegt (Statistisches Bundesamt 2013). Andere Studien schätzen die virtuellen Nettoimporte landwirtschaftlicher Nutzflächen nach Deutschland allein für Soja auf 1,9 Mio. ha bis 2,6 Mio. ha (von Witzke et al. 2011, Meier et al. 2014). Der Konflikt zwischen der Herstellung nachwachsender Rohstoffe und der steigenden Nachfrage nach Lebensmitteln einer wachsenden Weltbevölkerung nimmt dabei zu (Smith et al. 2013).

Die Bewertung und der Vergleich verschiedener Klimaschutzmaßnahmen erfordern eine möglichst vollständige Quantifizierung oder Abschätzung ihrer jeweiligen Einsparpotenziale bzw. der aus ihnen resultierenden zusätzlichen THG-Emissionen. Hierfür ist die Bewertung der Folgen der dLUC und der iLUC wichtig, auch wenn das in vielen Fällen schwierig ist. Eine angemessene Berichterstattung sollte idealerweise die Speicherleistung aller potenziell betroffenen Landnutzungsformen berücksichtigen. Diskutiert wird dieser Umstand insbesondere hinsichtlich der Bewertung des Reduktionspotenzials von THG-Emissionen von Bioenergie. Die Speicher- und Substitutionsleistung der zur Bioenergieerzeugung genutzten Flächen muss in Summe die Reduzierung der Kohlenstoffspeicher aller indirekten Landnutzungsänderungen übersteigen (Chum et al. 2011), um einen positiven Klimaschutzbeitrag zu leisten.

Aufgrund schwierig zu quantifizierender Wechselwirkungen und Unsicherheiten lassen sich die letztendlichen Klimawirkungen jedoch oft nur grob abschätzen. Die Mess- und Darstellbarkeit von iLUC wird aufgrund der systematischen und statistischen Mängel der derzeitigen Methoden und Daten, die zur Abschätzung der Effekte verwendet werden, von Finkbeiner (2013) sogar grundsätzlich infrage gestellt.²⁶ Eine mangelnde Differenzierung zwischen dLUC und iLUC führe potenziell zur doppelten Anrechnung von THG-Emissionen. Darüber hinaus lägen für iLUC-Berechnungen im Grunde keine geeigneten Primärdaten vor und auch eine Aufschlüsselung nach einzelnen landwirtschaftlichen Produkten oder Regionen gäbe es kaum. Laut Finkbeiner äußert sich dies auch in den großen Schwankungsbreiten der in der Literatur berechneten iLUC-Faktoren für Agrokraftstoffe. Derzeit ist die Einbeziehung von iLUC nicht Bestandteil der Berechnungen zum

²⁵ Der Flächenbedarf erneuerbarer Energien unterscheidet sich zwischen verschiedenen Energielinien erheblich. Biomassebasierte erneuerbare Energien weisen gegenüber Photovoltaik und insbesondere gegenüber Windkraft deutlich geringere Energieerträge je Flächeneinheit auf.

Die Zertifizierung von Pflanzenölimporten zur Herstellung von Biokraftstoffen kann das grundsätzliche Problem nicht lösen, dass die hierfür benötigten Flächen nicht für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung stehen und dass bei gegebener Nahrungsmittelnachfrage irgendwo anders in der Welt produziert werden muss und dort mit tendenziell negativen Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen (WBA 2007: 182).

²⁶ In einem Gutachten für den Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie und den Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie.

Mindestpotenzial zur Minderung von Treibhausgasen, welche Biokraftstoffe (beispielsweise nach der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung) erfüllen müssen. Für eine Einbeziehung von iLUC in Ökobilanznormen wäre eine bessere Vergleichbarkeit und Belastbarkeit der Ansätze Voraussetzung.

Die Nichteinbeziehung von iLUC in die Bewertung von Bioenergiepolitiken geht allerdings von der extremen und unrealistischen Annahme aus, dass die Verbrennung von Biomasse insofern CO₂-neutral sei, als der entsprechende Kohlenstoff von den zugrunde liegenden Bioenergiepflanzen vorher gebunden wurde, und zwar unter der Nutzung von Flächen, auf denen sonst keine Biomasse produziert worden wäre. Andere Autoren argumentieren deshalb, dass iLUC trotz der mit ihrer Quantifizierung verbundenen Unsicherheiten in die Bewertung von Bioenergiepolitiken einbezogen werden sollten (Grethe et al. 2013), wie es z. B. in den USA schon der Fall ist, da diese sonst in Bezug auf ihre Zielerreichung systematisch überbewertet würden. Allerdings besteht Verbesserungsbedarf bei der wissenschaftlichen Bewertung von Landnutzungs- und Intensivierungseffekten.

Auch für andere Politikbereiche als die Bioenergieförderung sollten Landnutzungsänderungen berücksichtigt werden. So kann z. B. eine Erhöhung des Anbaus von heimischen Eiweißpflanzen, wie in der nationalen Eiweißpflanzenstrategie als Maßnahme zur Reduzierung des Imports von Eiweißfuttermitteln aus Übersee vorgesehen (BMELV 2012a), aufgrund der für Eiweißpflanzen in Deutschland relativ geringen Produktivität global zu einem Nettoanstieg des Flächenbedarfs und damit zu erhöhten THG-Emissionen führen. Auch bei der Förderung des ökologischen Landbaus und anderen extensiven Bewirtschaftungsformen sollten die im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft oftmals geringeren Erträge (Seufert et al. 2012)²⁷ und der damit erhöhte Flächenbedarf bedacht werden (s. a. Kap. 5.2.8). Landnutzungsänderungen und die hieraus resultierenden THG-Emissionen sind auch im Hinblick auf eine Verringerung des Konsums tierischer Erzeugnisse (s. Kap. 5.3.2) zu berücksichtigen (Pelikan et al. 2015).

Bevor in Kapitel 2.3 auf die Land- und Forstwirtschaft und in Kapitel 2.4 auf den Konsum von Lebensmitteln detaillierter eingegangen wird, erfolgt zunächst in Kapitel 2.2 ein kurzer Überblick über die Gesamtemissionen an THG in Deutschland.

2.2 Treibhausgasemissionen in Deutschland

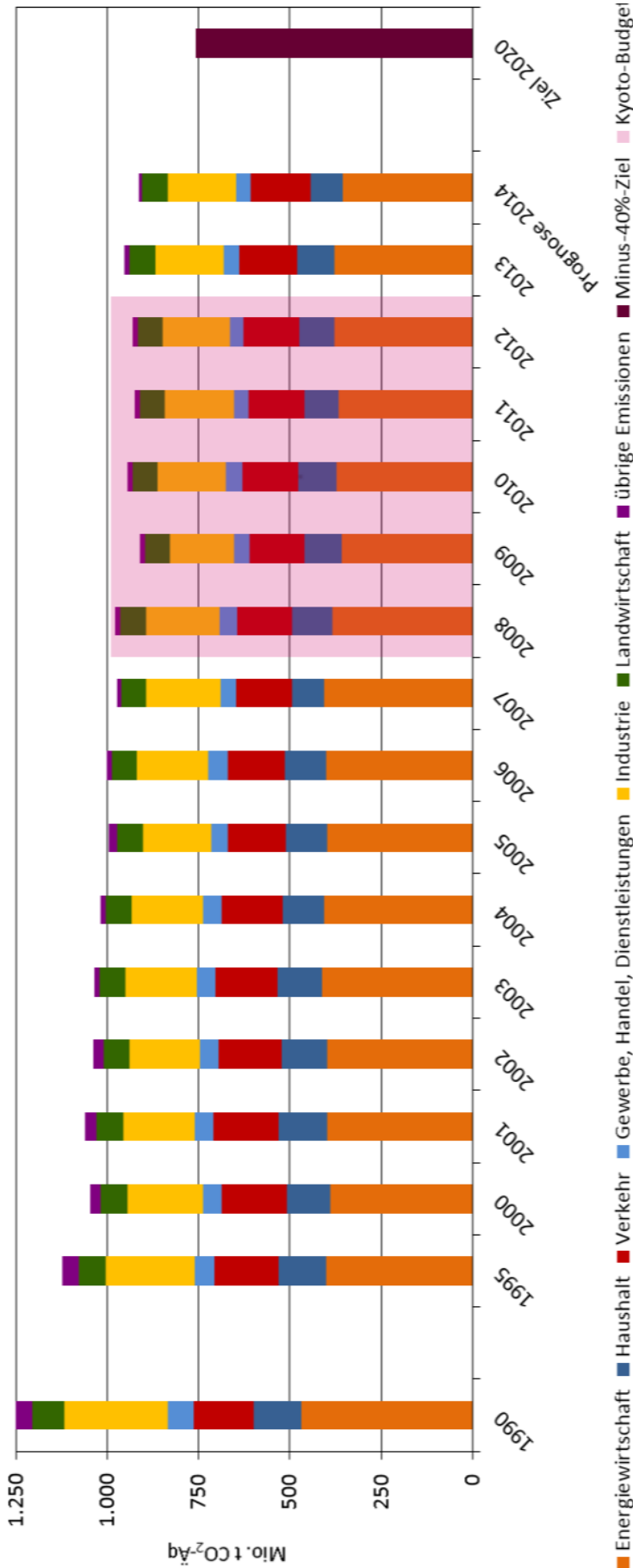
Im Jahr 2013 wurden in Deutschland gemäß Treibhausgasberichterstattung 953 Mio. t CO₂-Äq emittiert (ohne Berücksichtigung von CO₂ aus dem LULUCF-Bereich 2013: Netto-C-Festlegung von 17 Mio. t CO₂-Äq). Gegenüber 1990, dem Basisjahr für die Reduktionsverpflichtung nach dem

²⁷ Obgleich die Größe der Ertragsunterschiede und somit auch die Emissionen pro produzierter Einheit stark von Bodenbedingungen, Management u. a. beeinflusst werden (s. a. Kap. 5.2.8).

Kyoto-Protokoll (s. Kap. 3), entspricht dies einem Rückgang um 24 %. Die Aufteilung der Gesamtemissionen auf einzelne Sektoren, wie sie im Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung (BMUB 2014a: 16) vorgenommen wurde, zeigt, dass auf die Energiewirtschaft 40 % der THG-Emissionen entfielen (s. Abb. 2.3). Die Industrie (verarbeitendes Gewerbe und Industrieprozesse) verursachte 20 % der gesamten Emissionen, gefolgt vom Verkehr mit 17 %. Die Wärmeerzeugung in Haushalten stand für 11 % der Emissionen. Der Anteil der Landwirtschaft, hier berechnet als Emissionen der Quellgruppe 3 und der Emissionen aus landwirtschaftlichem Verkehr aus Quellgruppe 1, betrug 7,5 %. Gewerbe, Handel und Dienstleistungen standen für 4 % aller Emissionen, die übrigen Emissionen für 1 %. Diese umfassen die Quellgruppen „Abfall und Abwasser“ sowie die Methan- und Lachgasemissionen aus „LULUCF“.

Im Vergleich zu 1990 gingen die Emissionen in allen Sektoren zurück. In der Landwirtschaft war der Rückgang mit 19,3 % weniger stark ausgeprägt als der nationale Rückgang der Emissionen von 23,8 %. Der Rückgang der Emissionen aus der Landwirtschaft erfolgte zudem v. a. zu Beginn der 1990er-Jahre, insbesondere durch die Reduzierung der Viehbestände in den neuen Bundesländern. Die Emissionen schwankten dann im Zeitraum 2002 bis 2013 zwischen 71 Mio. t CO₂-Äq und 68 Mio. t CO₂-Äq.

Abbildung 2.3: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Abgrenzung der Sektoren des Aktionsprogramms Klimaschutz 2020



Für die grafische Darstellung wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit verschiedene Emissionsquellen in Gruppen zusammengefasst. Die "Energiewirtschaft" in der Grafik enthält zusätzlich die Emissionen aus "Brennstoffgewinnung und Verteilung". Unter "Industrie" wurden für die Grafik die Quellen "Verarbeitendes Gewerbe" und "Industrie-prozesse" zusammengefasst. Zur Kategorie "Landwirtschaft" wurde der landwirtschaftliche Verkehr hinzugezogen, der entsprechend von der Tabellenszeile "GHD und Militär" abzuziehen ist. Schließlich ergibt sich der Wert für "Übrige Emissionen" aus den Kategorien "Abfallwirtschaft" und "LULUCF". "LULUCF" bezeichnet Emissionen aus Landnutzungsänderungen (z. B. Moorböden), allerdings werden hier nur die Beiträge von Methan und Lachgas berücksichtigt. Einbindungen und Emissionen aus dem Forstbereich sind in diesen Zahlen entsprechend der internationalen Anrechnungsregeln nicht enthalten. Daneben gibt es wenige kleinere Verschiebungen, die nur im Nachkommabereich Einfluss auf die Zahlenwerte haben.

Kyoto-Budget: Für die Jahre 2008 bis 2012 hatte sich Deutschland im Rahmen der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls zur Einhaltung eines Emissionsbudgets verpflichtet. Dieses entsprach der Verpflichtung zur Minderung für Treibhausgasemissionen um durchschnittlich 21 % unter Niveau von 1990. Deutschland hat dieses Ziel übererfüllt, da die tatsächlichen Emissionen im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 unterhalb der Budgetvorgabe lagen.

Quelle: BMUB (2014b).

2.3 Treibhausgasemissionen und Kohlenstofffestlegung im Bereich der Land- und Forstwirtschaft

2.3.1 Quellgruppen 3 (Landwirtschaft) und 4 (LULUCF) und weitere Emissionen aus der Produktion von Lebensmitteln

Im Folgenden werden zuerst die THG-Emissionen der Quellgruppe 3 (Landwirtschaft) und der Quellgruppe 4 (LULUCF) gemäß Treibhausgasberichterstattung und deren Systemgrenzen betrachtet. Anschließend werden die Emissionen aus der Bereitstellung von Vorleistungen für die landwirtschaftliche Produktion dargestellt. Für den Energieeinsatz in der Landwirtschaft werden diese in der THG-Berichterstattung unter Quellgruppe 1 (Energie) berichtet, die Emissionen aus anderen Vorleistungen wurden aus anderen Literaturquellen berechnet. Dem schließt sich eine Betrachtung der durch die Erzeugung von Bioenergie vermiedenen THG-Emissionen an. Schließlich werden die THG-Emission entlang der gesamten Wertschöpfungskette von den Vorleistungen über die landwirtschaftliche Urproduktion und die Verarbeitung bis zum Konsumenten dargestellt.

Insgesamt wurden im Jahr 2014 in der Quellgruppe 3 „Landwirtschaft“ 66,1 Mio. t CO₂-Äq und in der Quellgruppe 4 „LULUCF“ (nur 4.B. Ackerland und 4.C. Grünland) 37,6 Mio. t CO₂-Äq (s. Tab. 2.1 und Kasten 1) emittiert. 57,8 Mio. t CO₂-Äq wurden über die CO₂-Senkenfunktion der Wälder und 2,3 Mio. t CO₂-Äq in Holzprodukten im Vergleich zum Vorjahr zusätzlich festgelegt. Bei diesen Angaben handelt es sich um berechnete und nicht um gemessene Werte. Im Vergleich zu den energiebedingten Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger, bei denen aus dem Verbrauch mit hoher Genauigkeit auf die Emissionshöhe geschlossen werden kann, sind die Emissionen und Senkenwirkungen in der Land- und Forstwirtschaft mit größeren Unsicherheiten behaftet. Zum einen hängen die Emissionen von Methan und Lachgas aus der Landwirtschaft von Aktivitäten wie Fütterung, Düngung oder Wirtschaftsdüngermanagement sowie von klimatischen Bedingungen ab, die statistisch nicht genau erfasst werden. Zum anderen können die natürlichen, durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflussten Prozesse nicht exakt in den Berechnungen abgebildet werden (s. Kap. 4.1.2). Auch die Erfassung der natürlichen Kohlenstoffspeicher in der Pflanzmasse und im Boden und ihrer Veränderung im Zeitablauf ist nicht in einer dem Energiesektor vergleichbaren Exaktheit möglich. Die Ableitung dieser Speicherleistung von Wäldern basiert z. B. auf jährlichen Durchschnittswerten für zehnjährige Inventurzeiträume, bei Waldböden sind die Inventurperioden noch länger.

Tabelle 2.1: THG-Emissionen in den Quellgruppen 3 (Landwirtschaft) und 4 (LULUCF) (in Mio. t CO₂-Äq und Änderungen 2014 zu 1990 in %)

	1990	2000	2010	2014	Änderung 2014 gegenüber 1990
	in Mio. t CO ₂ -Äq				in %
3. Landwirtschaft	77,7	67,0	62,3	66,1	-15
A. Fermentation (CH ₄)	34,7	27,1	24,6	24,9	-28
B. Düngewirtschaft (CH ₄)	8,1	7,2	6,3	6,2	-23
B. Düngewirtschaft (N ₂ O)	5,1	4,0	3,9	3,9	-24
D. Landwirtschaftliche Böden (N ₂ O)	28,3	25,9	24,1	26,5	-5
G. Kalkung (CO ₂)	1,4	2,1	1,7	2,2	54
H. Harnstoff (CO ₂)	0,5	0,6	0,6	0,7	45
J. Andere (CH ₄ , N ₂ O)	0,0	0,0	1,1	1,6	416.430
4. LULUCF	-31,3	-38,0	-16,3	-15,0	-52
A. Wälder	-75,3	-76,5	-58,0	-57,8	-23
B. Ackerland	12,9	13,1	14,3	14,7	14
C. Grünland	26,2	25,9	23,9	22,9	-13
D. Feuchtgebiete	4,1	4,5	4,1	3,9	-4
E. Siedlungen	2,0	2,2	3,4	3,5	80
G. Holzprodukte	-1,3	-7,2	-4,1	-2,3	73
H. Andere	0,1	0,1	0,1	0,1	-8

Anm: Die Berechnungsregeln der THG-Emissionen haben sich mit dem 2015 für den Zeitraum 1990 bis 2013 erstellten Nationalen Inventarbericht geändert. Die Werte weichen daher von denen aus älteren Nationalen Inventarberichten ab. Negative Emissionswerte stellen eine THG-Senke dar, positive Werte eine THG-Quelle.

Quelle: UBA (2016a).

In Quellgruppe 3 (s. Tab. 2.1) werden die verdauungsbedingten Methanemissionen insbesondere aus der Wiederkäuerhaltung erfasst (Kategorie 3.A „enterische Fermentation“). Sie machen einen Anteil von ca. 38 % der gesamten Emissionen der Quellgruppe 3 aus. Mit dem Rückgang der Tierbestände in Deutschland, v. a. in den neuen Bundesländern, sind diese Emissionen seit 1990 von 34,7 Mio. t CO₂-Äq auf 24,6 Mio. t CO₂-Äq im Jahr 2010 zurückgegangen. Seit 2005 verändern sich diese Emissionen allerdings kaum noch. Ein Rückgang zeigt sich ebenfalls in der Kategorie B, in der die Lachgas- und Methanemissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung erfasst werden. In Kategorie 3.D werden Emissionen aus der Düngung, aus der Umsetzung von Ernterückständen, der Mineralisierung von Moorböden sowie indirekte Emissionen aufgrund von N-Verlusten in Luft und Wasser bilanziert. Da seit 1990 auch die mineralische und organische Stickstoffdüngung in Summe abgenommen hat, sind auch die Lachgasemissionen zurückgegangen. Mit 40 % der Emissionen in Quellgruppe 3 sind die Lachgasemissionen aus der Düngung und aus Umsetzungen im Boden eine ähnlich bedeutende Teilquelle wie die Methanemissionen aus der Verdauung. Die Kategorien 3.G und 3.H umfassen CO₂-Emissionen aus der Umsetzung von Kalk- und Harnstoffdüngern im Boden, auf sie entfallen nur 4 % der Quellgruppe Landwirtschaft. Bei der Kategorie

3.J handelt es sich um CH₄- und N₂O-Emissionen aus der Biogasproduktion, die aus pflanzlichen Gärsubstraten durch Methanschluß und aus der Lagerung von Gärresten entweichen. Der enorme relative Zuwachs spiegelt den Zuwachs an Biogasanlagen bis 2014 wider.

In Quellgruppe 4 (s. Tab. 2.1) werden Emissionen als auch Kohlenstofffestlegung unter gleichbleibender Nutzung und aufgrund von Landnutzungsänderungen berichtet. Die Emissionen bzw. Senken durch Landnutzungsänderungen werden in Änderungsraten über 20 Jahre berechnet, da vereinfacht angenommen wird, dass 20 Jahre nach der Landnutzungsänderung wieder ein Gleichgewichtszustand aus dem Kohlenstoffaufbau und -abbau erreicht ist. Die Quellgruppe wird in die Kategorien 4.A „Wälder“, 4.B „Ackerland“, 4.C „Grünland“, 4.D „Feuchtgebiete“, 4.E „Siedlungen“, 4.G „Holzprodukte“ und 4.H „Andere“ unterteilt. Die Kohlenstofffestlegung in den Wäldern (Kategorie A) und in Holzprodukten (G) wird mit den Emissionen aus den anderen Landnutzungen saldiert. Seit 1990 hat sich die Kohlenstofffestlegung aufgrund der sich verändernden Altersstruktur der Wälder und des erhöhten Holzeinschlags verringert, sodass in der Quellgruppe 4 über alle Landnutzungsformen hinweg insgesamt die Senkenleistung abgenommen hat.

Aus der Kategorie 4.B „Ackerland“ emittierten 2014 ca. 14,7 Mio. t CO₂-Äq, die größtenteils auf die landwirtschaftliche Nutzung von Moorflächen zurückzuführen sind. Weitere Emissionen entstehen durch Landnutzungsumwandlungen, z. B. von Grünland zu Acker. Die Umwandlung von Grünland in Ackerland ist in den letzten zwei Jahrzehnten umfangreich erfolgt und erst kürzlich zum Stillstand gekommen. Neben den THG-Emissionen sind damit auch zumindest kurzfristig erhöhte Nährstoffausträge und ein Verlust an Habitatstrukturen und Biodiversität verbunden (WBA 2015). Die Entwicklung der Grünlandumwandlung ging seit 2000 eng mit der Zunahme der Energiepflanzenerzeugung auf dem Ackerland einher, zuvor war sie v. a. auf die Erzeugung von Futterpflanzen (Mais) zurückzuführen (WBA 2015). In der Kategorie „Grünland“ emittierten 2014 22,9 Mio. t CO₂-Äq, ebenfalls v. a. durch die Nutzung von Moorböden. Die Emissionen in der Kategorie 4.D „Feuchtgebiete“ stammen aus dem industriellen Torfabbau. Auch in der Kategorie 4.E „Siedlungen“ stammt ein großer Teil der Emissionen aus organischen Böden. Die Emissionen werden durch den Torfabbau dominiert, denn unter diese Kategorie fallen auch Abbauflächen. Daneben gibt es auch Siedlungen auf Moorböden.

Betrachtet man nur die direkten Emissionen aus der Quellgruppe 3 und die mit landwirtschaftlicher Nutzung verbundenen Emissionen aus der Quellgruppe 4 (Kategorien 4.B Acker und 4.C Grünland), wurden durch die deutsche Landwirtschaft im Jahr 2014 ca. 103,7 Mio. t CO₂-Äq emittiert. Bezogen auf Deutschland entspricht dies 11,5 % der gesamten THG-Emissionen (inkl. LULUCF). Aus der THG-Berichterstattung lassen sich zudem noch gut 6 Mio. t CO₂-Äq, die in der Quellgruppe 1 „Energie“ aufgeführt sind, direkt der Land- und Forstwirtschaft zuschreiben.

Ein Beispiel für eine Produktionsweise, bei der der Energieeinsatz in besonderem Maße relevant für die gesamten THG-Emissionen ist, ist die Produktion in beheizten Treibhäusern. Gemüse, das im beheizten Gewächshaus angebaut wird, verursacht THG-Emissionen, die um den Faktor 5 bis 30 höher liegen als bei Gemüse, welches im Freiland angebaut wird (s. Tab. 2.2). Die CO₂-

Freisetzung lässt sich aus der in Deutschland genutzten Gewächshausfläche und einem mittleren jährlichen Energieverbrauch grob auf rund 2 Mio. t CO₂-Äq bis 2,5 Mio. t CO₂-Äq abschätzen (s. a. Kap 5.3.9). Bei Tabelle 2.2 ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich nicht um konkurrierende Alternativen handelt, sondern das Gemüse zeitlich versetzt angeboten wird und Unterglasgemüse entweder nicht in der erforderlichen Qualität im Freiland angebaut werden kann (Tomaten, Gurken) oder den Zeitraum zwischen dem Freilandangebot überbrückt, um eine ganzjährige Versorgung zu gewährleisten.

Tabelle 2.2: Treibhausgasemissionen von Gemüse bei Anbau im Freiland und im beheizten Treibhaus

Gemüse	Anbau Freiland CO ₂ -Äq (kg/kg Lebensmittel)	Anbau Beheiztes Treibhaus CO ₂ -Äq (kg/kg Lebensmittel)	Faktor Anbau Beheiztes Treibhaus/ Anbau Freiland
Bohnen	0,2	6,5	28,9
Lauch	0,2	5,4	28,6
Kopfsalat	0,1-0,4	2,0-4,5	4,8-31,8
Sellerie	0,3	3,8	19,3
Gurken	0,2	2,3	13,5
Tomaten	0,1-0,2	0,9-3,1	8,2-16,5
Paprika	0,2	1,1	5,2

Quelle: Nach Jungbluth (2000) in MULEWF-RLP (2014), GEMIS 4.2 (2005) in Freyer und Dorninger (2008), Reinhardt et al. (2009).

Die THG-Emissionen im der Landwirtschaft vorgelagerten Bereich lassen sich aus der Treibhausgasberichterstattung nicht entnehmen. Nach Osterburg et al. (2013a) betragen diese 2007 ca. 28 Mio. t CO₂-Äq (s. Tab. 2.3), nach Meier (2013: 127) für 2006 ca. 21 Mio. t CO₂-Äq.

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

Vorleistungen der Landwirtschaft	Einheit	Inlandsabsatz	kumulierte THG-Emissionen in Mio. t CO ₂ -Äq
Sojamehl/-kuchen ¹⁾	t	4.569.000	3,8
N-Dünger	t N	1.679.607	9,6
P-Dünger	t P ₂ O ₅	25.856	0,0
K-Dünger	t CaO	238.525	0,1
Ca-Dünger ²⁾	t CaO	1.538.299	0,3
Pestizide	t Wirkstoff	40.983	0,2
Bauten ³⁾	Mio. €	1.700	0,7
Ausrüstung (Fahrzeuge und Landmaschinen)	Mio. €	5.925	2,2
Instandhaltung (Maschinen und Bauten)	Mio. €	2.618	0,4
Dienstleistungen (inkl. Tierarzt und Medikamente)	Mio. €	7.391	1,0
Gas, Strom, Brenn- und Treibstoffe ⁴⁾	Mio. €	1.264	9,5
Vorleistungen insgesamt			27,8

Anm: 1) ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen.

2) Kohlensaurer Kalk und Branntkalk; ohne Ca-Absatz in der Forstwirtschaft.

3) ohne Wohnbauten, landw. Wegebau oder andere staatl. Infrastrukturmaßnahmen für Landwirtschaft.

4) auf Brenn- und Treibstoffe entfallen ca. 6 Mio. t CO₂-Äq

Quelle: Berechnungen von Osterburg et al. (2013a: 17).

Land- und Forstwirtschaft tragen zur Erzeugung erneuerbarer Energien und damit zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen an anderer Stelle bei. In der Systematik der Treibhausgasberichterstattung schlägt sich dies in geringeren Emissionen der Quellgruppe 1 (Energie) nieder, nicht aber in den Quellgruppen 3 und 4. Laut Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi 2015) führten alle erneuerbaren Energien 2014 in Deutschland in den Bereichen Bruttostromerzeugung, Endenergieverbrauch Wärme und Endenergieverbrauch Verkehr zu einer Vermeidung von THG-Emissionen in Höhe von rund 150 Mio. t CO₂-Äq (s. Tab. 2.4).²⁸ Hiervon entfallen 63 Mio. t CO₂-Äq auf biomassebasierte Energieerzeugung, davon 36 Mio. t CO₂-Äq auf biogene Festbrennstoffe, 13 Mio. t CO₂-Äq auf Biogas und Biomethan, 5 Mio. t CO₂-Äq auf Biokraftstoffe und 9 Mio. t CO₂-Äq auf den biogenen Anteil des Abfalls (s. Tab. 2.4). Bei den biogenen Festbrennstoffen handelt es sich hauptsächlich um Holz und damit um die direkte energetische Substitutionsleistung der Forstwirtschaft. Biogas und Biomethan sowie Biokraftstoffe (in Summe ca. 18 Mio. t CO₂-Äq) werden dagegen hauptsächlich aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen gewonnen. Beide Werte basieren auf der Erzeugung erneuerbarer Energien in Deutschland auf Basis heimischer und importierter Produkte.

²⁸ 2014 betrug der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch in Deutschland 13,7 % (BMWi 2015).

Tabelle 2.4: Durch erneuerbare Energien 2014 in Deutschland vermiedene THG-Emissionen aus fossilen Quellen (in Mio. t CO₂-Äq) und iLUC Kennzahlen

	Vermiedene Emissionen in Mio. t CO ₂ -Äq	iLUC-Kennzahlen in g CO ₂ -Äq/MJ über 20 Jahre	Vermiedene Emissionen^f mit iLUC in Mio. t CO ₂ -Äq
1. Bruttostromerzeugung insgesamt erneuerbare Energien	110,1		
dar. biogene Festbrennstoffe u. Klärschlamm	9,7		
biogene flüssige Brennstoffe	0,2		
Biogas & Biomethan	10,6		
biogener Anteil des Abfalls	5,2		
2. Endenergieverbrauch Wärme insgesamt erneuerbare Energien	36,1		
dar. biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	17,1		
biogene Festbrennstoffe (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)	1,0		
biogene Festbrennstoffe & Klärschlamm (Industrie)	6,7		
biogene Festbrennstoffe & Klärschlamm (HW/HKW)	1,2		
biogene flüssige Brennstoffe	0,4		
Biogas & Biomethan	2,6		
biogener Anteil des Abfalls	3,5		
3. Endenergieverbrauch Verkehr insgesamt erneuerbare Energien	5,2		
dar. Biodiesel	3,8	46 – 100 ^a ; 57 ^b ; 0 – 220 ^c ; 55 ^d	-0,3 – -3,8
Pflanzenöl	< 0,1		
Bioethanol	1,3	7 – 156 ^a ; 38 ^e ; -80 – 160 ^c ; 13 ^d	1,2 – -2,0
Biomethan	0,1		
SUMME erneuerbare Energien	151,4		
dar. Biomasse-basiert	63		
dar. aus heimischer und ausländischer forstlicher Produktion, ca.	36		
aus heimischer u. ausländischer landwirtschaftl. Produktion, ca. (ohne biogenen Abfall)	19		

Quellen: BMWi (2015); ^a Grethe et al. (2013: 25); ^b Grethe et al. (2013): Median des Durchschnittswertes verschiedener Rohstoffe (Raps, Soja, Sonnenblumen, Palmöl); ^c Ahlgren und Di Lucia (2014); ^d EK (2012); ^e Grethe et al. (2013): Median des Durchschnittswertes verschiedener Rohstoffe (Weizen, Mais, Zuckerrüben, Zuckerrohr). ^f Diese Werte leiten sich ab aus dem Verhältnis der THG-Reduktionen mit bzw. ohne iLUC-Kennziffern nach Grethe et al. (2013, Medianwerte).

Nicht berücksichtigt sind bei den den Berechnungen zugrunde liegenden Methodik des Umweltbundesamtes (Memmler et al. 2014) direkte und indirekte Landnutzungsänderungen (s. a. Kap. 2.1.2). Diese sind, sofern belastbare Quellen verfügbar waren, in Tabelle 2.4 aufgeführt. Bei deren Berücksichtigung „können sich die Treibhausgas-Emissionseinsparungen einzelner Biokraftstoffe gegenüber den fossilen Substitutionsstoffen teilweise oder ganz aufheben“ (Memmler et al. 2014: 16 f.). So wird unter Berücksichtigung der in Grethe et al. (2013) aus der Literatur zusammengestellten iLUC-Kennzahlen in g/CO₂-Äq pro MJ bei Biodiesel aus Raps unter Umständen sogar eine Erhöhung der THG-Emissionen verursacht,²⁹ bei Ethanol aus Zuckerrüben zumindest eine deutliche Verringerung der Minderungsleistung (rechte Spalte Tabelle 2.4).

Landnutzungsänderungen spielen aber nicht nur bei Biokraftstoffen eine Rolle, sondern auch bei der Biogasproduktion aus Anbaubiomasse. Zur Biokraftstoffproduktion wurden 2014 in Deutschland 0,8 Mio. ha genutzt, zum Anbau von Gärsubstraten für Biogasanlagen 1,4 Mio. ha (FNR 2015). Zudem sind weitere indirekte Effekte zu berücksichtigen, wenn etwa die verstärkte Nutzung von Holz als biogener Festbrennstoff die stoffliche Holzverwendung zurückdrängt und eine verstärkte Nutzung von auf fossilen Rohstoffen basierenden Baustoffen induziert oder zum Abbau von Kohlenstoffvorräten im Wald führt.

2.3.2 Die CO₂-Bilanz der Forstwirtschaft und Holzverwendung

Die CO₂-Bilanz der Forstwirtschaft ist durch die Besonderheit gekennzeichnet, dass Bäume lang-lebig sind und im Zuge ihres Wachstums der Atmosphäre fortwährend CO₂ entziehen, das sie im Holz einbinden. Holz besteht zu rund 50 % aus Kohlenstoff und für jedes Kilogramm Holz werden der Atmosphäre rund 2 kg CO₂ entnommen. Anders als in der Landwirtschaft dauert der Produktionsprozess viele Jahrzehnte, in vielen Wäldern weit über 100 Jahre. Auch die Böden werden abseits von Rückegassen, im Gegensatz zur Landwirtschaft, nur selten gestört und können somit über lange Zeiträume Kohlenstoffvorräte aufbauen bzw. konservieren. Entsprechend lang ist der Kohlenstoff im Wald gebunden. Wälder stellen daher in vielen Regionen der Erde die größten terrestrischen Kohlenstoffspeicher dar (Pan et al. 2011). So sind allein im Wald in Deutschland gegenwärtig 1.169 Mio. t Kohlenstoff in lebenden Bäumen und in Totholz gebunden (BMEL 2016). Das entspricht einer Menge von durchschnittlich rund 385 t CO₂-Äq je ha Wald.

²⁹ So verändert sich z. B. die Differenz der Emissionen von Biodiesel im Vergleich zu konventionellem Diesel von ca. -54 g/CO₂-Äq pro MJ (nur die direkten bei der Produktion anfallenden Emissionen, Durchschnittswert der Emissionen für Biodiesel nach Grethe et al. 2013: 25) auf -8 g/CO₂-Äq pro MJ bis hin zu +46 g/CO₂-Äq pro MJ (direkte Emissionen + mögliche Spannweite der iLUC-Kennziffern für Biodiesel). Die Emissionsänderungen unter Berücksichtigung von iLUC entsprechen damit dem 0,15-fachen bzw. dem -0,85-fachen der Emissionsänderung ohne Berücksichtigung von iLUC. Multipliziert man diese Faktoren mit den vermiedenen Emissionen ohne iLUC in Tabelle 2.4, erhält man die tatsächlich vermiedenen Emissionen mit iLUC (Spannweite 0,6 – 3,2 Mio. t CO₂-Äq). Analog dazu werden die vermiedenen Emissionen aus der Substitution von konventionellem Ethanol mit Bioethanol berechnet.

Ist ein Wald hinsichtlich seiner Alters- bzw. Durchmesserstruktur und Baumartenzusammensetzung nachhaltig aufgebaut, kann er so bewirtschaftet werden, dass sich Holzzuwachs und Holzeinschlag die Waage halten und so der Kohlenstoffspeicher in der Biomasse konstant bleibt. Darüber hinaus kann eine Kohlenstofffestlegung im Waldboden stattfinden (Grüneberg et al. 2014, 2016). Auch bei konstanter Kohlenstoffspeicherung im Wald trägt seine Bewirtschaftung wirksam zum Klimaschutz bei, denn der im geernteten Holz gebundene Kohlenstoff bleibt auch in den Holzprodukten mehr oder weniger lang erhalten und leistet einen nennenswerten Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, indem durch die stoffliche Nutzung die natürliche Freisetzung dieses Treibhausgases verzögert wird (s. Tab. 2.5).

Tabelle 2.5: Anhaltswerte für die Lebensdauer verschiedener Holzprodukte (in denen der Kohlenstoff unterschiedlich lang gespeichert bleibt)

Produktklassen	Hauptprodukte	Geschätzte mittlere Lebensdauer (t_{63}) in Jahren
Lebensdauer der Produkte		
lang	Bauholz	50
mittel	Holzwerkstoffe, Furniere, Vollholzmöbel	25
kurz	Papier, Pappe	3
sehr kurz	Energieholz, z. B. Brennholz, Pellets	1

Quelle: Vgl. Würdehoff et al. (2011), basierend auf Wirth et al. (2004) und Pistorius (2007).

Mithilfe von Zersetzungskonstanten (vgl. Wirth et al. 2004, Pistorius 2007) lassen sich für verschiedene Holzprodukte deren Halbwertszeit (t_{50}), mittlere Lebensdauer (t_{63}) und Lebensdauer (t_{95}) berechnen, auf deren Grundlage sich Produktklassen bilden lassen. Vereinfachend wird meist zwischen Produkten mit langer (t_{63} = 50 Jahre – z. B. Bauholz), mittlerer (t_{63} = 25 Jahre – z. B. Holzwerkstoffe, Furniere, Vollholzmöbel) und kurzer Lebensdauer (t_{63} = 3 Jahre – z. B. Papier, Pappe) sowie Energieholz (t_{63} = 1 Jahr – z. B. Brennholz, Pellets) unterschieden (Würdehoff et al. 2011). Da bei der Produktion von Holzprodukten häufig deutlich weniger Prozessemissionen als bei Produkten aus anderen Materialien wie Glas, Stahl, Aluminium oder Ziegel entstehen, trägt auch der sog.e stoffliche Substitutionseffekt ganz wesentlich zur positiven CO₂-Bilanz der Holznutzung bei (Rüter et al. 2011, Knauf und Frühwald 2013). Hinzu kommt die energetische Substitution durch die Energiegewinnung mit Holz. Wird Holz zur Energiegewinnung verbrannt, entstehen zwar auch Emissionen, sie ersetzen aber, zumindest z. T., Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (energetische Substitution) (Marland und Schlamadinger 1997). Durch eine Kaskadennutzung (aufeinander folgende, mehrfache Verwertung derselben Einheit Holz zur Herstellung von Materialien, gefolgt von einer abschließenden energetischen Nutzung) lässt sich die Lebensdauer von Holz als Material verlängern, wodurch höhere stoffliche Substitutionseffekte möglich werden.

Aus den genannten Gründen ist die CO₂-Bilanz der Forstwirtschaft immer im Zusammenhang mit der Verwendung des eingeschlagenen Holzes zu sehen. Dabei gibt es größere Unterschiede in der Verwendung von Nadel- und Laubholz (s. Tab. 2.6). Während das Nadelholz gegenwärtig überwiegend für Produkte mit langer und mittlerer Lebensdauer verwandt wird, hat beim Laubholz derzeit die energetische Nutzung einen sehr hohen Anteil am verwendeten Rohholzaufkommen. Entsprechend seiner Bedeutung wird dieser Aspekt auch bei allen diskutierten Maßnahmen in Kapitel 5.4 berücksichtigt.

Tabelle 2.6: Holzverwendungsschlüssel zur durchschnittlichen Verteilung von Laub- und Nadelholz in Niedersachsen auf verschiedene Produktklassen

Art	Produkte unterschiedlicher Lebensdauer			Energieholz
	lang	mittel	kurz	
Laubholz (%)	22	24	9	45
Nadelholz (%)	34	23	30	13

Quelle: Würdehoff (2016). Datengrundlage: Holzmarktberichte der Jahre 2006, 2009, 2010 und 2011 (BMELV 2007, 2010, 2011c, 2012b). Diese Jahre wurden gewählt, da sie von Stürmen und Wirtschaftsschwankungen weitgehend unbeeinflusst waren.

Die Nettoeinbindung von Kohlenstoff in Biomasse und Totholz hat, wie in Abbildung 2.2 ersichtlich, unter derzeitigen Verhältnissen in Deutschland eine geringere Klimaschutzleistung als die durch stoffliche und energetische Substitution vermiedenen Emissionen. Wird also auf Holznutzung verzichtet, steigt die Nettoeinbindung von Kohlenstoff im Wald zwar befristet an, die Nettoemissionen aus dem Produktspeicher nehmen allerdings zu, weil dessen Erneuerungsrate abnimmt, und die vermiedenen Emissionen durch stoffliche und energetische Substitution gehen zurück. Im Saldo sinkt der Klimaschutzbeitrag der Forst- und Holzwirtschaft bei einer im Vergleich zum Status quo reduzierten Holznutzung (Rüter et al. 2011). Im Umkehrschluss bedeutet dies für einen gegebenen Betrachtungszeitraum nicht unbedingt, dass eine im Vergleich zum Status quo wesentlich erhöhte Nutzung auch eine erhöhte Klimaschutzwirkung zur Folge hat, denn bei entsprechender Reduzierung des C-Speichers im Wald kann dieser negative Effekt erst über längere Zeiträume durch Erhöhung des Produktspeichers und der Substitutionseffekte kompensiert werden (Rüter et al. 2011). Die nutzungsbedingten Effekte hängen allerdings sehr stark vom Waldaufbau und dem Betrachtungszeitraum ab. Wenn z. B. mit erhöhter Nutzung der Altersaufbau des Waldes so geändert wird, dass dieser zu einem höheren Zuwachsniveau führt, kann sich dies langfristig auch positiv auf die Klimaschutzwirkung der Forstwirtschaft auswirken.

Die Waldböden (Humusaufgabe und Mineralboden bis 30 cm Tiefe) tragen mit einer für den Zeitraum 1987/1993 bis 2006/2008 ermittelten durchschnittlichen Sequestrierung von 16,9 Mio. t CO₂-Äq/Jahr (Grüneberg et al. 2014) erheblich zur C-Senke des Waldes bei. Da die C-Speicherung des Bodens gemäß der Konvention der Klimaberichterstattung nur für die obersten 30 cm incl.

Humusaufgabe angegeben ist und auch unterhalb dieser Tiefenstufe noch in signifikantem Maße C gespeichert wird, handelt es sich hierbei um eine konservative Schätzung. Berücksichtigt man die C-Speicherung des tiefen Mineralbodens bis 90 cm Tiefe, könnte die jährliche C-Speicherleistung der Waldböden deutlich höher liegen. Dies zeigen die noch nicht veröffentlichten Auswertungen der jüngsten Bodenzustandserhebung im Wald (Grüneberg et al. 2016), die nicht in der nationalen Klimaberichterstattung berücksichtigt sind. Diese Mengen unterstreichen auch die Bedeutung des Bodenschutzes für das Klima.

Gegenüber den Nettospeicherungen und vermiedenen Emissionen sind die Emissionen des forstwirtschaftlichen Produktionsprozesses gering. Der Anteil an CO₂-Äq, die bei der Bewirtschaftung der Waldfläche emittiert werden, beträgt nur 1 % des im geernteten Holz gebundenen Kohlenstoffs (Janzen 2013). Die meisten Emissionen entstammen den Arbeitsschritten Fällen, Aufarbeiten, Vorrücken und Rücken an die Waldstraße. Auf Deutschland hochgerechnet summierten sich die Emissionen im Jahr 2000 auf 0,24 Mio. t CO₂-Äq (Janzen 2013). Für eine Modellregion in Thüringen wurden durchschnittliche Werte von 6,6 kg CO₂ Äq je Erntefestmeter für die Holzernte und Bringung sowie allgemeine Emissionen, die mit der Bewirtschaftung der Reviere verbunden sind, berechnet (Mund et al. 2015). Der Transport des Holzes wird in dieser Studie für eine durchschnittliche Transportentfernung von 65 km mit weiteren 4,8 kg CO₂-Äq je Erntefestmeter belastet. Diese Transportbelastung entspricht einem Anteil von -0,6 bis -1 % an der C-Bilanz der Holzverwendung (Mund et al. 2015). Die mit der Bewirtschaftung und dem Holztransport verbundenen C-Emissionen sind in der Regel bereits in den Substitutionsfaktoren³⁰ integriert (Rock 2013).

Die Zwischenprodukte aus Holz sind indes mit höheren CO₂-Emissionen belastet, die vornehmlich aus der weiteren Verarbeitung und dem Transport resultieren. Für die Herstellung von einem Kubikmeter Schnittholz wurden von Weber-Blaschke et al. (2015) 65 kg CO₂-Äq (ohne biogenes CO₂) ermittelt, die sich zu 68 % aus dem Bearbeitungsprozess im Sägewerk zu 28 % aus der waldseitigen Holzbereitstellung und zu 4 % aus dem Transport zusammensetzen.

Bei Betrachtung aller C-Speicherungen und Substitutionseffekte beträgt die Mitigationsleistung des Bereichs Forstwirtschaft und Holzverwendung in Deutschland gegenwärtig durchschnittlich 127 Mio. t CO₂ Äq je Jahr³¹ (s. Abb. 2.2). Ohne diesen Beitrag würden die Gesamtemissionen Deutschlands (bezogen auf das Jahr 2014) um ca. 14 % höher ausfallen.

³⁰ Der Substitutionsfaktor quantifiziert hier die vermiedenen THG-Emissionen durch die Verwendung eines durchschnittlichen Holzproduktes anstatt eines Nichtholzprodukts (Verhältnis von eingesparter Menge an Treibhausgasen zu Tonnen biogenem Kohlenstoff im Holz in tC/tC). Neben diesem stofflichen Substitutionfaktor kann auch die energetische Substitution von fossilen Energieträgern durch Biomasse mit einem Substitutionsfaktor quantifiziert werden.

³¹ Dabei wird davon ausgegangen, dass die Substitution fossiler Brennstoffe durch Biomasse hauptsächlich auf Holz aus dem Wald basiert. Diese Zahl basiert zudem auf der Berechnung der Speicherleistung der Waldböden auf Grundlage der dritten Bodenzustandserhebung Wald bis lediglich in 30 cm Bodentiefe.

2.4 Treibhausgasemissionen der Ernährung

Lebensmittel verursachen entlang der gesamten Wertschöpfungskette THG-Emissionen – von der landwirtschaftlichen Produktion einschließlich des vorgelagerten Bereichs über verschiedene Verarbeiter, Vermarkter und den Einzelhandel bis zum Endverbraucher. Ein substantieller Emissionsanteil in der Wertschöpfungskette entsteht auch in den Haushalten und bei den Großverbrauchern – durch Lagerung (Kühlen, Tiefkühlen), Zubereitung (Kochen, Erhitzen, Spülen etc.) und Entsorgung.

Um die Gesamtbelastung durch Lebensmittel ermitteln zu können, müssen die während des Gesamtlebenszyklus eines Lebensmittels emittierten Treibhausgase auf allen Stufen der Wertschöpfungskette berücksichtigt werden. Inzwischen liegen viele Studien vor, die den sog. „*Carbon Footprint*“ ermitteln. Allerdings müssen aufgrund der vielfältigen Produkte, Vermarktungswege, Verarbeitungsstufen, Verwendungsweisen sowie der geografischen Verteilung der Akteure für solche Kalkulationen viele Annahmen getroffen werden. In einer zunehmend globalisierten Welt zeichnen sich Lebensmittel dadurch aus, dass sie entweder gänzlich oder in Teilen aus anderen Regionen stammen; umgekehrt werden nicht alle im Inland hergestellten Lebensmittel auch im Inland verspeist, ein Teil wird exportiert. Eine erhebliche Rolle spielen auch Großverbraucher (Hotels, Restaurants, Mensen u. a.), deren Bedeutung in den letzten Jahren bedingt durch den zunehmenden Außer-Haus-Verzehr deutlich gewachsen ist (BVE 2015). Die Ergebnisse von Studien, die die ernährungsbedingten THG-Emissionen eines bestimmten Produktes quantifizieren, differieren teilweise sehr stark. Diese Unterschiede rühren daher, dass unterschiedliche Systemgrenzen, Methoden und Datenquellen benutzt werden. Ein unmittelbarer Vergleich ist deshalb schwierig. Darüber hinaus werden die Emissionen aus Landnutzungsänderungen (s. Kap. 2.1.2) in diesen Studien – wenn sie überhaupt berücksichtigt werden – nur grob geschätzt und weisen ebenfalls erhebliche Spannweiten auf.

Auf Basis der Studien von Meier und Christen (2013), Meier (2014a) und Meier et al. (2014) wurden durch die Herstellung und Vermarktung der in Deutschland 2006 verzehrten Lebensmittel (cradle-to-store) Emissionen in Höhe von 189 Mio. t CO₂-Äq verursacht (s. Tab. 2.7 für eine genaue Aufschlüsselung der Emissionen, Erläuterungen und weitere Studien sowie Abb. 2.2). Dabei wurde das Jahr 2006 als Betrachtungszeitpunkt gewählt, da 2006 umfangreiche Daten für die Nationale Verzehrsstudie II (MRI 2008) erhoben wurden. Die Werte unterscheiden sich von den Werten laut THG-Berichterstattung (s. Kap. 2.3) und sind nicht direkt mit ihnen zu vergleichen, da die Systemgrenzen unterschiedlich sind.³²

³² In der THG-Berichterstattung werden die Emissionen aufgeführt, die in der Landwirtschaft in Deutschland entstehen (unabhängig davon, ob die Produkte in Deutschland verwendet oder exportiert werden). Bei den THG-Emissionen der Ernährung in diesem Kapitel werden die Emissionen der in Deutschland verzehrten Lebensmittel erfasst, unabhängig davon, ob die Lebensmittel in Deutschland oder im Ausland produziert wurden. Auch sind die Agrarexporte Deutschlands nicht berücksichtigt.

Auch Emissionen aus den Haushalten und der Gastronomie (Zubereiten, Kühlen, Spülen etc.) wurden in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt, da keine repräsentativen Daten zur produkt-spezifischen Handhabung in diesen Bereichen vorliegen. Schätzungen gehen aber dahin, dass die auf der Verbraucherseite (Haushalte, Großverbraucher) anfallenden Belastungen etwa ein Viertel der Gesamtbelastung durch Lebensmittel ausmachen (in Tab 2.7 27 bis 75 Mio. t CO₂-Äq).

Tabelle 2.7: Treibhausgasemissionen aus Landwirtschaft und Ernährung in Deutschland (in Mio. t CO₂-Äq, Literaturübersicht)

	Quell- gruppe ⁹⁾	Enquete- Kommission (1995)	Taylor (2000) ¹⁾	Quack, Rüden- auer (2004)	Quack, Rüden- auer (2007)	BMELV (2008) ²⁾	Osterburg et al. (2013b) ⁶⁾	Meier (2014)	Anteil in % (bezogen auf cradle- to-store)
Jahresbezug		1991	1996	2001	2005	1991-2005	2007	2006	
Landnutzung	4A, 4B					42	35	29	15
dar. dLUC Ausland								12	
dar. LU Ausland								3	
dar. LU Inland								14	
Landwirtschaft incl. Vorleistungen		135	103 ³⁾	134 ⁴⁾		115	96	108	57
dar. Vorleistungen						32	28	21	
dar. Landw. direkt	3					83	68	87	
- Inland								59	
- Ausland								28	
Verarbeitung		15				11	9 ⁷⁾	21	11
Handel/Transport		22	9			22	15 ⁷⁾	14	7
Verpackung		13	6	9		13		18	10
Zwischensumme (cradle-to-store)		185	118	143	125	203		189 ⁸⁾	100
Haushalt/Gastronomie		75	27	36	37	75		27-75 ⁵⁾	
Summe		260	145	179	162			216-264	

- Anm.: 1) Unter Handel/Transport keine Emissionen aus Lagerung und Gebäudeunterhaltung berücksichtigt
2) Emissionen aus Landnutzung, Landwirtschaft und Verarbeitung sind produktions- und nicht verbrauchsbezogen; Emissionen aus Handel, Transport, Verpackung und Haushalt von Enquete-Kommission (1995) übernommen
3) Inkl. Emissionen aus Verarbeitung
4) Inkl. Emissionen aus Verarbeitung und Handel/Transport
5) Basierend auf Enquete-Kommission (1995) und Taylor (2000)
6) Produktionsspezifische Emissionen (Territorialansatz)
7) Ohne transportbedingte Emissionen
8) Wert ist nicht direkt mit den Werten laut THG-Berichterstattung (s. Kap. 2.3) zu vergleichen, da die Systemgrenzen unterschiedlich sind
9) Die Unterteilung der Herkunft der Emissionen direkt aus landwirtschaftlichen Betrieben und Landnutzung erfolgt gemäß der THG-Berichterstattung (s. Kap. 2.2.1)

Quelle: Basierend auf Meier und Christen (2013), Meier (2013, 2014a), Meier et al. (2014) und dort angegebener Literatur.

Die der Ernährung zuzuordnenden THG-Emissionen entstehen auf allen Stufen der Wertschöpfungskette. Wichtige Einflussfaktoren in der Primärproduktion von Lebensmitteln (Landwirtschaft einschließlich der Heizung von Gewächshäusern) wurden bereits in Kapitel 2.3 erläutert. Im Folgenden werden die Emissionen aus Verarbeitung, Transport und Lebensstilen insoweit beschrieben, als sie für die in Kapitel 5.3 diskutierten möglichen Maßnahmen zur Reduktion von THG-Emissionen der Ernährung relevant sind. Die Reihenfolge der Diskussion richtet sich dabei nach der Abfolge der Stufen der Wertschöpfungskette.

2.4.1 Einflussfaktoren in Verarbeitung und Transport

In der Lebensmittelverarbeitung stammen die THG-Emissionen aus dem Einsatz von Elektrizität und Wärme, der Abwasserbehandlung, der Entsorgung und von CO₂ aus der Fermentation.

Kühlung von Lebensmitteln

Auf der Verarbeitungs- und Einzelhandelsstufe, aber auch beim Transport verursacht die Kühlung der Lebensmittel eine erhebliche Belastung des Klimas. Schätzungen aus Großbritannien belaufen sich auf rund 2,5 % der im Lande verursachten THG-Emissionen (vgl. Garnett 2011). Diese werden zum einen durch die benötigte Energie bei stationärem Betrieb sowie in der Logistik und zum anderen durch die Kühlmittel (Hydrofluorocarbon) hervorgerufen. Allerdings ist in Großbritannien der Umschlag gekühlter Lebensmittel höher als in Deutschland. Daher ist eine Übertragbarkeit dieser Werte auf Deutschland nur bedingt möglich.

Tiefkühlprodukte

Vergleicht man die THG-Emissionen von Tiefkühlprodukten und von entsprechenden frischen bzw. selbst zubereiteten Lebensmitteln – unter Berücksichtigung des Produktlebenswegs einschließlich der Vorketten (z. B. Hilfs- und Betriebsstoffe, Verpackung), der Hauptprozesse (z. B. Anbau, Verarbeitung, Distribution, Einkauf und Zubereitung) und der Nachketten (z. B. Entsorgung der Abfälle, Abwasserreinigung) –, so besteht nach einer gemeinsamen Studie des Öko-Instituts und des Deutschen Tiefkühlinstituts (Öko-Institut und dti 2012) kein bedeutender Unterschied in den gesamten Treibhausgasemissionen (s. Tab. 2.8). Die Rezeptur sowie das Verbraucherverhalten (Einkaufsfahrt, Lagerung und Zubereitung im Haushalt) haben oftmals größeren Einfluss auf die Klimabilanz. In einem neueren Übersichtsartikel nennen Jackson und Viehoff (2016) Studien mit ähnlichem Ergebnis. Letztlich hängen die Ergebnisse solcher Vergleiche aber sehr stark von den zugrunde gelegten Annahmen ab.³³ Daher können verschiedene Studien aufgrund unterschiedlicher Annahmen zu teilweise unterschiedlichen Ergebnissen kommen.

³³ Annahmen z. B. darüber, ob die Einkaufsfahrt lediglich für ein Tiefkühlprodukt getätigt wurde oder auch für andere Einkäufe oder wie lange das Tiefkühlprodukt im Haushalt tiefgekühlt gelagert wird.

Tabelle 2.8: Klimabilanz verschiedener Tiefkühlwaren und -gerichte im Vergleich zu selbst zubereiteten und konservierten Lebensmitteln

	g CO ₂ -Äq pro 100 g Ware				
	tiefgekühlt	ungekühlt	selbst zubereitet	in der Dose	im Glas
Brötchen	303	319	-	-	-
Hühnerfrikassee	224	219-242	237	-	-
Erbsen	135	-	-	116	147
Pizza	556-610	554-590	569-580	-	-
Kartoffelpuffer	245	-	223	-	-

Anm.: Die den Bilanzen zugrunde liegenden Annahmen entsprechen nicht notwendigerweise dem tatsächlichen Konsumentenverhalten (z. B. bei der Zubereitung der Lebensmittel, Lagerungsdauer etc.), welches aber sehr starken Einfluss auf die THG-Emissionen hat.

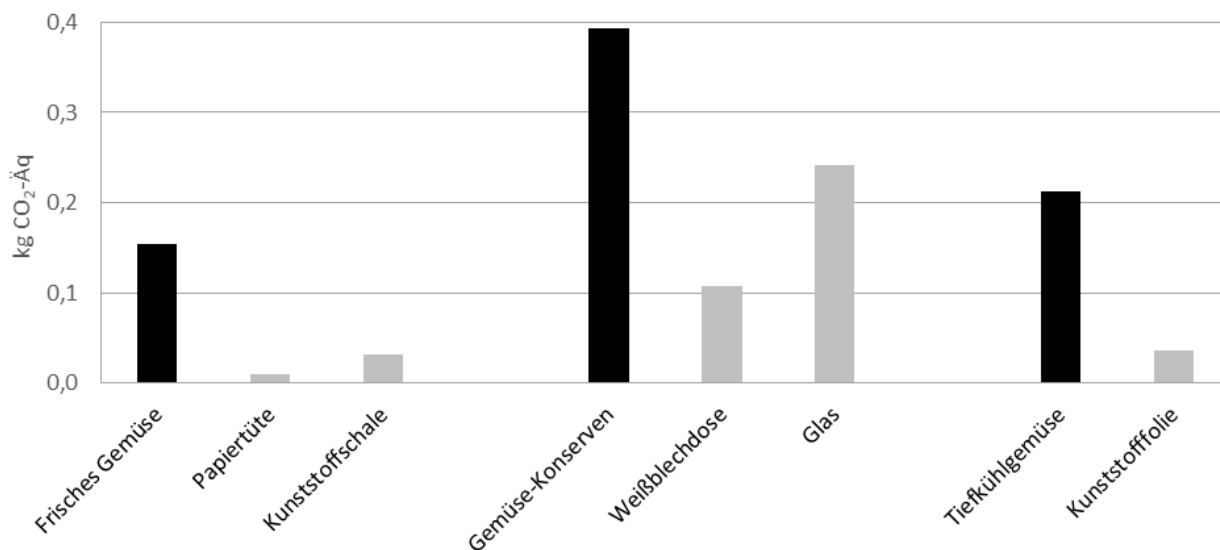
Quelle: Nach Öko-Institut und dti (2012).

Verpackung

Abbildung 2.4 zeigt die THG-Emissionen für Gemüse je nach Verarbeitung und Verpackung. Hier ist zu beachten, dass der Anbau und die Weiterverarbeitung von Gemüse im Vergleich zu anderen Lebensmitteln (wie z. B. Rindfleisch) relativ geringe Klimabelastungen mit sich bringen. Das führt dazu, dass der Anteil der Verpackungen relativ zu den Gesamtemissionen hoch sein kann und deren Umweltbelastung von Konsumenten als hoch eingeschätzt wird (Wiegmann et al. 2005).

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Funktion von Verpackungen vielfältig ist und auch andere Bereiche der Lebensmittelkette betrifft. So sind damit verschiedene Hygieneauflagen zu erfüllen. Verpackungen ermöglichen es, Informationen zu transportieren und nicht zuletzt sollen sie zu einer besseren Haltbarkeit und damit zur Reduktion von Lebensmittelverlusten beitragen.

Abbildung 2.4: Gesamtemissionen der Herstellung verschiedener Lebensmittel (vom Anbau bis zum Handel, ohne Verpackung, schwarzer Balken) und THG-Emissionen durch Verpackungen (grauer Balken), bezogen auf 1 kg Frischgemüse, 800 g Konserveninhalt bzw. 500 g gefrorenes Gemüse



Quelle: Basierend auf Wiegmann et al. (2005:39).

Emissionen aus dem Transport

Bedingt durch eine wachsende weltweite Arbeitsteilung, aber auch durch eine zunehmende Spezialisierung innerhalb von Wertschöpfungsketten hat sich die Verkehrsleistung, gemessen in Tonnenkilometern, überproportional zum Bruttoinlandsprodukt entwickelt. Daraus wird häufig geschlossen, dass die Globalisierung des Agrar- und Lebensmittelmarktes aufgrund der damit erfolgenden Gütertransporte wesentlich zur Klimabelastung durch Ernährung beitrage. Der Anteil der Emissionen aus dem Transport über alle Lebensmittelgruppen hinweg wird auf etwa 3 bis 8 % der Gesamtemissionen von Lebensmitteln geschätzt (Taylor et al. 2000, Wiegmann et al. 2005, Meier 2014a). Dabei treten aber zwischen verschiedenen Lebensmitteln erhebliche Unterschiede auf.

Der Anteil, den der Transport an den Gesamtemissionen eines Produktes hat, hängt dabei stark von der Höhe der entsprechenden Gesamtemissionen ab. So ist der Transportanteil etwa bei frischem Gemüse, bei dem die THG-Emissionen durch Produktion relativ gering sind, deutlich höher als bei verarbeiteten Produkten mit hohen verarbeitungsbedingter Emissionen (s. z. B. Reinhardt et al. 2009).

Die absolute Höhe der Umweltbelastungen, die durch Lebensmitteltransporte entstehen, wird maßgeblich von verschiedenen Faktoren wie Transportentfernung, Transportmittel und deren Auslastung bestimmt.

Nach UBA (2012) sind die THG-Emissionen je Tonnenkilometer am geringsten beim Transport mit der Eisenbahn (23 g CO₂-Äq), gefolgt vom Binnenschiff (33 g CO₂-Äq). Der Seetransport verursacht noch wesentlich geringere THG-Emissionen je Tonnenkilometer (Jahn 2010).³⁴ Beim LKW-Transport betragen die Emissionen dagegen 97 g CO₂-Äq. Extrem hohe Emissionen verursacht der Transport per Flugzeug mit 1.540 g CO₂-Äq. Speziell im internationalen Warenverkehr kommt der Schifffahrt eine immer größere Bedeutung zu (World Ocean Review 2012). Da Lebensmittel häufig schnell verderblich sind, bleibt jedoch vermutlich auch in Zukunft die dominante Rolle des Straßengüterverkehrs im nationalen bzw. kontinentalen Warenverkehr bestehen. Grund dafür sind logistische Vorteile wie Schnelligkeit, Flexibilität und Netzbildungsfähigkeit.

Lebensmittelabfälle

Zu den THG-Emissionen der Ernährung gehören auch die Emissionen, die mit Lebensmitteln verbunden sind, die nicht verzehrt werden (Lebensmittelabfälle). Europaweit wird der Anteil an Lebensmittelverlusten auf ca. 25 % geschätzt (Jungbluth 2000, Osterburg et al. 2009).

Als nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle werden in der Regel jene bezeichnet, die üblicherweise im Zuge der Speisenzubereitung entfernt werden (z. B. Bananenschalen, Knochen), als vermeidbare solche, die zum Zeitpunkt ihrer Entsorgung noch uneingeschränkt genießbar sind oder die bei rechtzeitiger Verwendung genießbar gewesen wären (Kranert et al. 2012). Der Konsumbereich „Großverbraucher und Haushalte“ spielt eine herausragende Rolle bei der Entstehung von Lebensmittelabfällen (s. Kap. 5.3.3, Abb. 5.19). Insgesamt betragen diese ca. 11 Mio. t/Jahr in Deutschland (Kranert et al. 2012).

Während Ökobilanzen von verschiedenen Verzehrweisen, Verbrauchsmustern bzw. Ernährungsstilen bereits relativ häufig erstellt wurden (Taylor 2000, Tukker et al. 2011, Hallström et al. 2014), beschränkten sich Arbeiten zu Lebensmittelabfällen bisher primär auf die Erfassung der zugrunde liegenden Stoffströme und gingen der Frage nach, wie viele Abfälle tatsächlich vermeidbar sind (Parfitt et al. 2010, FAO 2011, Kranert et al. 2012). In der Regel handelt es sich hierbei um eine rein technische Betrachtung, bei der ökonomische Aspekte nicht berücksichtigt werden (s. hierzu Koester 2015). Nur wenige Arbeiten rechneten diese Stoffströme auch in entsprechende Treibhausgasemissionen um (z. B. FAO 2013, Heller und Keoleian 2014). Die FAO (2013) kalkulierte für das Jahr 2007 auf Basis eines globalen Abfallaufkommens von 1,6 Mrd. t den sog. *Food Waste Footprint*. Bedingt durch Produktion, Verarbeitung und Distribution der entsprechenden Lebensmittel wurden demnach 3,3 Mrd. t CO₂-Äq emittiert, was etwa 6,7 % der globalen THG-Emissionen entsprach.³⁵

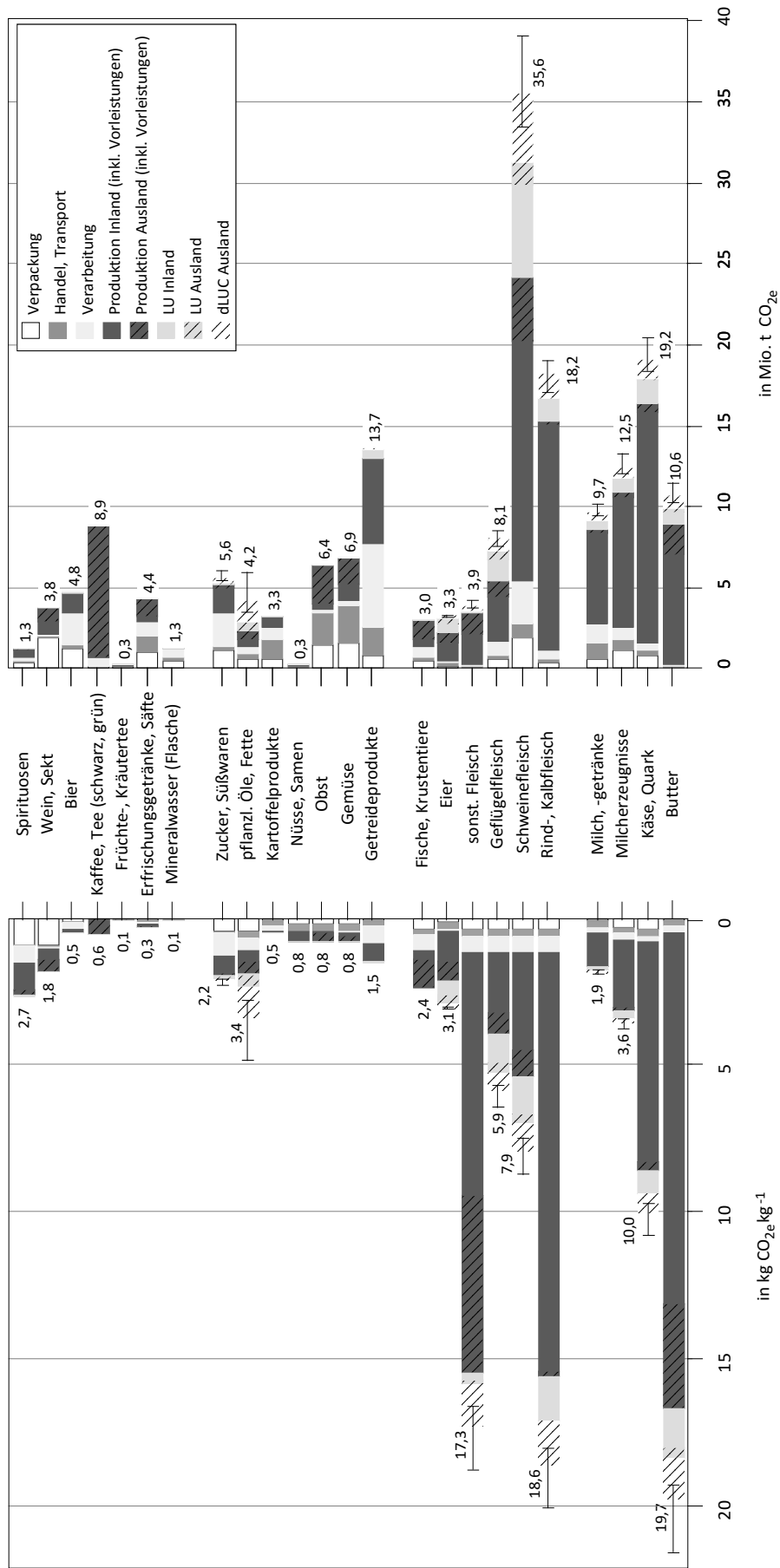
³⁴ Allerdings schneidet der Schiffstransport laut Jahn (2010) insbesondere beim Ausstoß von SO₂, Ruß und Feinstaub deutlich schlechter ab als der Straßen- und der Lufttransport.

³⁵ Laut IPCC (2014: 46) wurden 2007 global knapp 50 Mrd. CO₂-Äq emittiert.

2.4.2 Konsumentenverhalten

Die Produktion verschiedener Lebensmittel führt zu unterschiedlich hohen THG-Emissionen. Daher hat die Art und Weise, in der sich Verbraucher ernähren (d. h. welche Lebensmittel sie konsumieren), erhebliche Auswirkungen auf die durch die Ernährung induzierten THG-Emissionen. In Abbildung 2.5 werden auf Basis der in der Nationalen Verzehrsstudie II unterschiedenen Produktgruppen produktgruppenspezifische Treibhausgasemissionen dargestellt, d. h. die THG-Emissionen, die durch den Konsum von jeweils einem Kilogramm Lebensmittel bzw. Getränk verursacht werden (linke Seite). Während die Bereitstellung tierischer Produkte generell höhere Emissionen pro Produkteinheit verursacht, weisen Butter und Rind-/Kalbfleisch innerhalb der tierischen Produkte die höchsten Emissionen pro Kilogramm Lebensmittel auf (s. Abb. 2.5, linke Seite). Im Bereich der pflanzlichen Lebensmittel und Getränke weisen Öle und Fette sowie Spirituosen die höchsten produktspezifischen Gesamtemissionen auf. Erwähnenswert ist zudem, dass bei tierischen Produkten von Monogastriern, d. h. Kraftfutterverwertern wie Geflügel und Schweinen, rund ein Drittel der Gesamtemissionen aus direkten Landnutzungsänderungen (dLUC) und Landnutzung (LU) herrühren. Diese stammen zu einem erheblichen Teil aus ausländischer Produktion. Produkte von Wiederkäuern weisen diesbezüglich einen deutlich geringeren Anteil auf (ca. 15 %). Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass die Gesamtemissionen bei Wiederkäuerprodukten in der Regel höher sind.

Abbildung 2.5: Treibhausgasemissionen pro kg Lebensmittel und CO₂-Äq-Emissionen des Gesamtverbrauchs in Deutschland im Jahr 2006



Anm.: Systemgrenzen cradle-to-store, d. h. ohne Emissionen aus Haushalt/Gastronomie. * dLUC-Szenarien auf Basis von Leip et al. (2010). Der in der Abbildung dargestellte gestrichelte Balken stellt die Unsicherheit dar, die sich aus THG-Emissionen aus direkten Landnutzungsänderungen ergeben (dLUC). Solche THG-Emissionen treten insbesondere beim Anbau von Ölsaaten (u. a. Soja als Futtermittel) im Ausland auf (auf Basis von Leip et al. 2010). Dabei steht das Maximalszenario für die Umwandlung von Flächen mit hohen C-Gehalten (tropischer Wald). Das Minimalszenario steht für die Umwandlung von Flächen mit geringen C-Gehalten (Savannen, Grünland). Als Standardszenario wurde mit dem mittleren Szenario gerechnet.

Quelle: Meier (2014a).

Pro Kopf verursachte die Ernährung in Deutschland im Jahr 2006 (auf Basis der Nationalen Verzehrsstudie II) THG-Emissionen in Höhe von 2,3 t CO₂-Äq/Jahr (s. Abb. 2.6).³⁶ Davon wurden 66 % durch den Verbrauch tierischer Produkte (einschl. Milch), 21 % durch den Verbrauch pflanzlicher Produkte und 13 % durch den Verbrauch von Getränken verursacht. Innerhalb der tierischen Produkte (1,5 t CO₂-Äq pro Person/Jahr) dominierten die THG-Emissionen aus dem Verbrauch von Fleischprodukten (0,8 t CO₂-Äq) und Milchprodukten (0,6 t CO₂-Äq) gegenüber entsprechenden Emissionen aus dem Ei- (0,04 t CO₂-Äq) und Fischkonsum (0,04 t CO₂-Äq). Im rückblickenden Vergleich fällt auf, dass die Ernährung in der Bundesrepublik in den Jahren 1985 bis 1989 THG-Emissionen in Höhe von 2,5 t CO₂-Äq pro Kopf und Jahr verursachte und damit um 12 % über den Emissionen der Ernährung in Deutschland im Jahr 2006 lag.³⁷ Dies unterstreicht die Tatsache, dass sich das Ernährungsverhalten auch innerhalb relativ kurzer Zeiträume ändern kann. Allerdings kann ein nicht zu quantifizierender Teil des Rückgangs auch durch unterschiedliche Konsummuster in den neuen und alten Bundesländern verursacht sein.

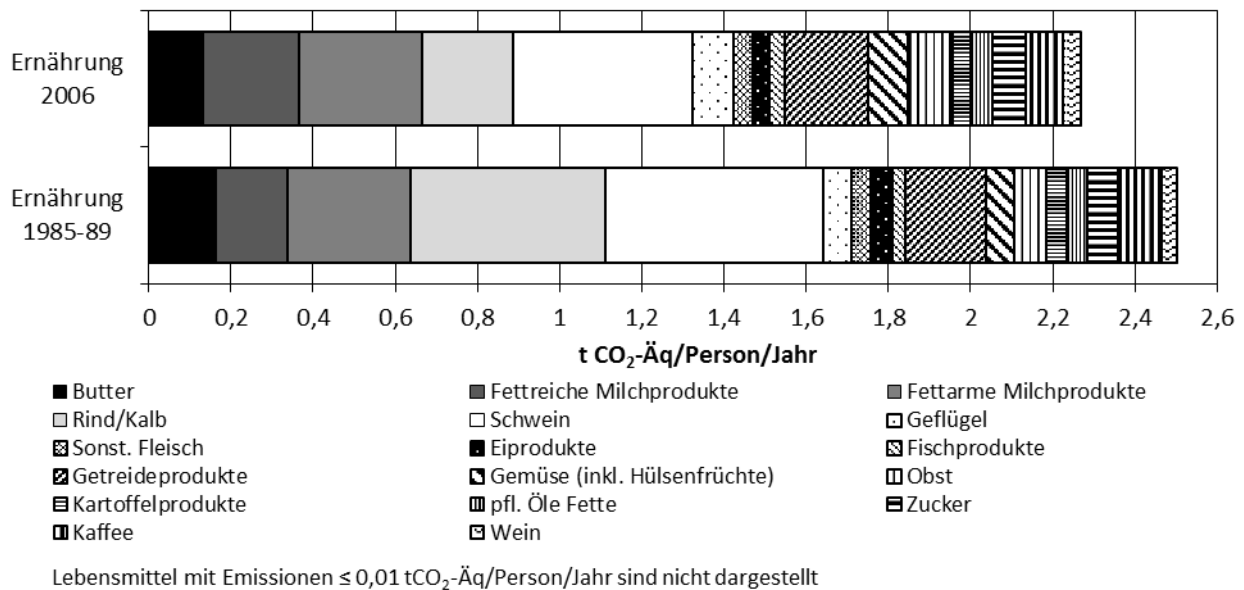
Beim Vergleich der durch den Verbrauch von Fleisch und Wurstwaren verursachten THG-Emissionen³⁸ lag Deutschland in der EU-27 mit 0,85 t CO₂-Äq pro Person und Jahr im Mittelfeld (15. Stelle). In der EU-27 variieren die Treibhausgasemissionen aus dem Verbrauch von Fleisch- und Wurstwaren zwischen 0,51 t CO₂-Äq (in Bulgarien) und 1,24 t CO₂-Äq pro Person und Jahr (in Luxemburg).

³⁶ Die von Meier (2014a) ermittelten THG-Emissionen in Höhe von 2,3 t/Jahr sind geringer als die Ergebnisse einer jüngeren Arbeit (Eberle und Fels 2015), die ernährungsbedingte THG-Emissionen einschließlich der Beschaffung, Zubereitung und Entsorgung (cradle-to-grave) in Höhe von 2,7 t pro Person und Jahr ermittelte. Dabei wurden 85 % durch die Ernährung in privaten Haushalten und 15 % durch die Außer-Haus-Verpflegung verursacht.

³⁷ Der Betrachtungszeitraum 1985 bis 1989 wurde gewählt, da in dieser Zeit die Daten für die Nationale Verzehrsstudie I (Adolf 1994) erhoben wurden. Hinsichtlich der Treibhausgasemissionen wurde mit den produktgruppenspezifischen Faktoren gerechnet, die auch für die Ernährung im Jahr 2006 und die Szenarien verwendet wurden (s. Meier 2014a)

³⁸ Die Umrechnung der Verbrauchsmengen in entsprechende Emissionen erfolgte hierbei auf Basis der tierart- und EU-27-spezifischen Treibhausgasfaktoren aus Leip et al. (2010).

Abbildung 2.6: Treibhausgasemissionen nach verzehrten Lebensmitteln in der Bundesrepublik (1985 bis 1999) bzw. in Deutschland (2006) in t CO₂-Äq pro Person/Jahr



Quelle: Meier (2014a).

Die von Meier (2013) hochgerechneten ernährungsbedingten THG-Emissionen von 240 Mio. t CO₂-Äq für 2006 entsprechen ca. 25 % der gesamten THG-Emissionen Deutschlands (s. Kap. 5.3.2). Weltweit werden nach Bajželj et al. (2013)³⁹ mehr als 30 % der THG-Emissionen durch die Ernährung verursacht. Der etwas geringere Anteil in Deutschland ist dabei nicht auf eine klimafreundlichere Ernährung zurückzuführen, sondern ist einem im weltweiten Vergleich hohen Anteil des Energie- und Industriesektors an der Gesamtwirtschaft geschuldet. Im Hinblick auf die ambitionierten nationalen und internationalen Ziele zur Reduzierung der THG-Emissionen sind Überlegungen zur Verminderung von THG-Emissionen aus der Ernährung unvermeidlich. Da zum einen jedoch ein hoher Anteil der ernährungsbedingten THG-Emissionen einen mehr oder weniger linearen Zusammenhang mit dem Lebensmitteloutput aufzeigt und zum anderen der Konsum von Lebensmitteln nicht beliebig reduziert werden kann, ergeben sich bedeutende Unterschiede zum Vermeidungspotenzial in anderen Sektoren (s. Kap. 5.3).

³⁹ In der globalen Betrachtung von Bajželj et al. (2013) werden Emissionen aus Lebensmitteltransporten nicht spezifisch betrachtet. Für alle Frachttransporte werden in Bajželj et al. (2013) 3,9 Mrd. t CO₂-Äq im Jahr 2010 veranschlagt (bei errechneten 50,6 Mrd. t CO₂-Äq Gesamtemissionen). Daher ist der eigentliche Anteil ernährungsbedingter Treibhausgasemissionen auf globaler Ebene vermutlich noch höher.

2.5 Bedeutung der Anpassung an den Klimawandel für die Klimaschutzleistungen der Forstwirtschaft und der Landwirtschaft

Der Klimawandel kann erhebliche Auswirkungen auf die künftige Entwicklung der Land- und Forstwirtschaft haben. Aufgrund der langen Produktionszeiträume von z. T. über 200 Jahren sind die Möglichkeiten der zeitnahen Anpassung an Klimaänderungen in der Forstwirtschaft viel geringer.

Damit Wälder auch langfristig ihre Klimaschutzleistungen (Kohlenstofffestlegung in Waldökosystemen und in Holzprodukten, Substitution von fossilen Brennstoffen und energieintensiven Materialien durch Holzprodukte) erbringen können, kommt der langfristigen Anpassung der Wälder an den Klimawandel eine große Bedeutung zu. Anpassungen müssen daher viel langfristiger geplant werden als in der Landwirtschaft mit ihren überwiegend unterjährigen Produktionszeiträumen.

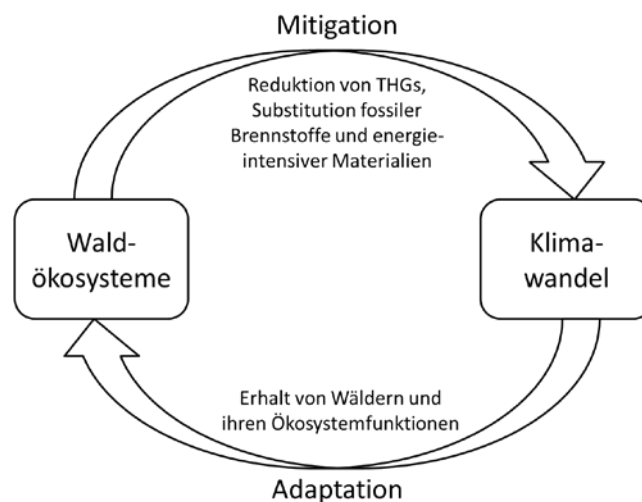
2.5.1 Forstwirtschaft

Wälder und ihre Produkte spielen für die Entwicklung und das Ausmaß des Klimawandels eine besondere Rolle. Durch die Speicherung von CO₂ in Waldökosystemen (lebende Biomasse, Totholz und Böden) und in Holzprodukten sowie die Substitution von fossilen Brennstoffen und energieintensiven Materialien durch Holzprodukte leisten Waldökosysteme einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz (s. Kap. 2.3.2). Andererseits sind Wälder aufgrund ihrer Langlebigkeit – und daher eher geringen Anpassungsfähigkeit an kurzfristige Änderungen der Umweltbedingungen – in besonderem Maße von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. Die projizierten Temperaturerhöhungen, veränderten Niederschlagsverteilungen und häufigeren Witterungsextreme dürften das Schädlings- und Störungsregime, die Baumartenzusammensetzung und Struktur der Wälder sowie die Ertragsaussichten der Forstbetriebe in Zukunft wesentlich verändern (Spellmann et al. 2011, Hanewinkel et al. 2013). In ihren Auswirkungen können diese gerichteten Veränderungen die Stabilität, Resilienz und Produktivität der Wälder beeinflussen, wodurch auch die Klimaschutzleistungen betroffen wären. Daher muss Klimaschutzpolitik im Hinblick auf die Forstwirtschaft nicht nur direkt wirksame Mitigationsziele verfolgen, sondern auch die Adaptation von Wäldern an den Klimawandel im Blick haben (s. Abb. 2.7, Jandl et al. 2015).

In diesem Gutachten wird daher von der Grundannahme ausgegangen, dass Mitigation durch Forstwirtschaft und Holzverwendung langfristig nur in Kombination mit einer vorausschauenden Anpassung der Wälder wie auch der Forstwirtschaft an den Klimawandel möglich ist. Diese Perspektive ist zur Bewertung von möglichen Handlungsoptionen für den Klimaschutz wichtig, da nicht alle Anpassungsmaßnahmen die Mitigationsleistungen von Wäldern und Holzprodukten befördern und umgekehrt nicht alle Mitigationsmaßnahmen auch die Anpassung von Wäldern an den Klimawandel unterstützen. Langfristig können Mitigation und Adaptation in der Summe nur

durch gegenseitige Abstimmung aufeinander optimiert werden. Daher werden hier Mitigation und Adaptation nicht separat betrachtet. Stattdessen werden hinsichtlich der Bewertung möglicher Maßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft (s. Kap. 5.4) Interaktionen von Mitigation und Adaptation berücksichtigt. Dies erscheint umso wichtiger, als Wälder auch weitere wichtige Funktionen erfüllen, die es für die Zukunft zu sichern gilt. Neben der Produktion von Biomasse und der Speicherung von Kohlenstoff sind dies z. B. der Erhalt der Biodiversität, die Erholungsfunktion sowie der Erhalt von funktionierenden Nährstoff- und Wasserkreisläufen. Gerade im Hinblick auf Anpassungsstrategien zum Erhalt der Biodiversität gibt es einerseits Synergien, z. B. die Begründung und Förderung von gemischten Wäldern (z. B. Hickler et al. 2012), andererseits werden mögliche Konflikte mit Anpassungsstrategien postuliert (Reif et al. 2010), z. B. der Anbau von nichtheimischen Baumarten oder die Verkürzung der Produktionszeiten zur Vermeidung von Sturmschäden. Weitere Synergien und Konflikte zwischen Zielen der Klimapolitik und anderen Bewirtschaftungszielen für Ökosysteme werden von Hartje et al. (2015) diskutiert.

Abbildung 2.7: Zusammenhang zwischen der Adaptation von Wäldern an den Klimawandel und dem Beitrag von Wäldern und Holzprodukten zum Klimaschutz (Mitigation)



Quelle: Eigene Darstellung.

2.5.2 Landwirtschaft

Der Klimawandel wird für die Landwirtschaft im südlichen Teil der EU tendenziell negative Auswirkungen haben, die Landwirtschaft im nördlichen Teil wird dagegen tendenziell positiv betroffen sein (WBA 2010). Wahrscheinlich ändern sich die klimatischen Verhältnisse in Deutschland

weniger stark als in vielen anderen Ländern der Welt.⁴⁰ „Da die erwarteten klimabedingten Änderungen für die globale Agrarproduktion überwiegend negativ sind, könnte dies bei gleicher bzw. steigender Nachfrage nach Agrarprodukten insgesamt bedeuten, dass sich der Klimawandel für die deutsche Landwirtschaft per Saldo stärker in Gestalt steigender Agrarpreise bemerkbar machen wird als in Gestalt ungünstigerer Ertragsbedingungen vor Ort“ (WBA 2010: 15).

Die Anpassungsmöglichkeiten der Landwirtschaft an veränderte Klimabedingungen, Veränderungen des Schädlings- und Pathogenregimes⁴¹ sowie veränderte Preisrelationen sind vielfältig (s. z. B. Field 2012, IPCC 2015). Vor dem Hintergrund der steigenden Weltbevölkerung und der beim Übergang zu einer sog. kohlenstoffarmen Wirtschaft (s. Kap. 3.1) zunehmenden Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen sind produktivitätssichernde Anpassungen wichtig. „In aller Regel können die Unternehmen vor Ort unter dem Eindruck der standörtlichen Rahmenbedingungen am besten entscheiden, wo und wann welche Anpassungsoption vorteilhaft ist. Insofern sind die staatlichen Aufgaben in diesem Bereich begrenzt.“ (WBA 2010: 15).

⁴⁰ Allerdings könnte eine Zunahme von Extremwetterereignissen auch in Deutschland z. B. die Ertragssicherheit gefährden (Gömann et al. 2015). Abhängig von der konkreten Umsetzung der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EU 2007) können sich für die Landwirtschaft in Hochwasserrisikogebieten Nutzungseinschränkungen ergeben.

⁴¹ Pathogen = Krankheitserreger.

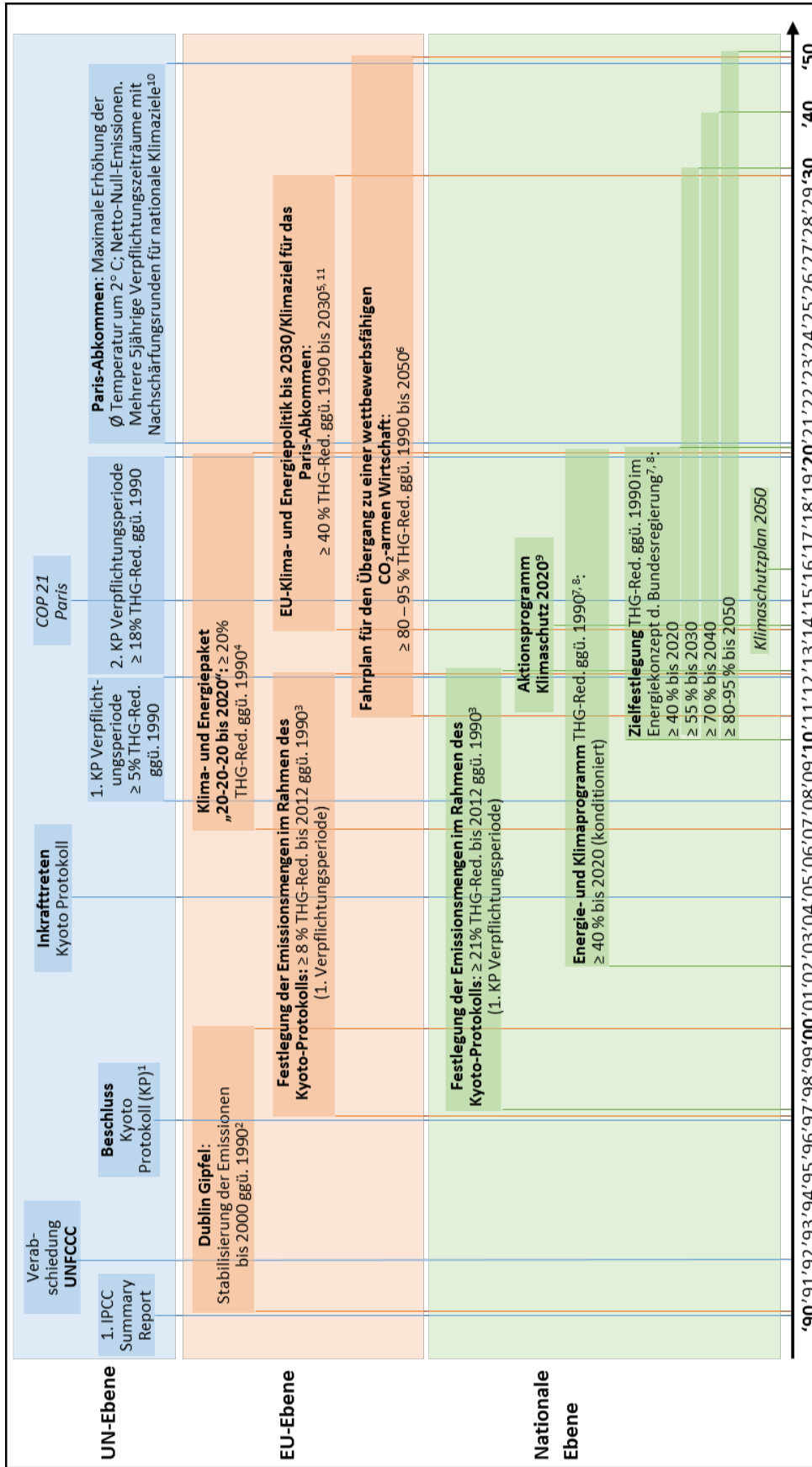
3 Klimapolitische Ziele und Klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die Land- und Forstwirtschaft

3.1 Klimapolitische Ziele

Deutschland hat sich auf nationaler Ebene, auf EU-Ebene und auf Ebene der Vereinten Nationen verpflichtet, seine THG-Emissionen erheblich zu reduzieren. Die wichtigsten Beschlüsse und daraus resultierenden THG-Reduktionsziele für Deutschland (-40 % bis 2020, -55 % bis 2030, -70 % bis 2040, -80 bis -95 % bis 2050) und weitere untergeordnete Ziele sind in Abb. 3.1 dargestellt.

Auf globaler (UN-)Ebene sind das 1992 verabschiedete Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) und das in diesem Rahmen verabschiedete Kyoto-Protokoll sowie das im Dezember 2015 verabschiedete, noch zu ratifizierende Paris-Abkommen von zentraler Bedeutung. Deutschland ist wie alle EU-Mitgliedstaaten und wie auch die EU selbst Vertragsstaat der UNFCCC. Auf den Vertragsstaatenkonferenzen (*Conference of the Parties, COP*) liegt das Verhandlungsmandat für die EU-Mitgliedstaaten bei der EU.

Abbildung 3.1: Zeitlicher Ablauf der Prozesse und Klimaziele (THG-Reduzierung) auf globaler (UN), EU-, und nationaler Ebene



Anm.: UNFCCC: Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, THG-Red.: Treibhausgasreduzierungen.
 Quelle: Eigene Darstellung nach: ¹ UNFCCC (1998), ² EG (1990), ³ EU (2010), UNFCCC (2014), ⁴ EK (2015): Klimaziele wären auf 30 % Reduzierung erhöht worden, wenn andere Staaten ebenfalls Bereitschaft zur Emissionsreduzierung gezeigt hätten. Da in Kopenhagen 2009 kein neues internationales Klimaabkommen erreicht wurde, weitete die EU die Klimaziele nicht auf 30 % aus. ⁵ EK (2014a), ⁶ EK (2011a), ⁷ Bundesregierung 2010, ⁸ BPB (2013), ⁹ BMUB (2014a), ¹⁰ UNFCCC (2015), ¹¹ EK und Lettland (2015).

Auf EU-Ebene resultieren die wichtigsten THG-Reduzierungsziele aus der Umsetzung des Kyoto-Protokolls, aus dem EU-Klima- und Energiepaket 2020 sowie aus dem Rahmen für die EU-Klima- und Energiepolitik 2030. Der von der Europäischen Kommission vorgeschlagene „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“ wird derzeit diskutiert.

Auf nationaler Ebene sind die Lastenteilung zwischen den EU-Mitgliedstaaten zur Erfüllung der EU-Verpflichtungen aus dem Kyoto-Protokoll, das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung von 2007, das Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 und das von der Bundesregierung 2014 verabschiedete Aktionsprogramm „Klimaschutz 2020“ besonders relevant für THG-Reduzierungsziele. Die Bundesregierung plant 2016, einen nationalen Klimaschutzplan 2050 zu verabschieden, der zur Erreichung der weitreichenden Klimaschutzziele in Deutschland führen soll.

Konkrete Minderungsverpflichtungen aus internationalen Vereinbarungen bestehen für die gesamten THG-Emissionen in Deutschland sowie für die gesamten vom EU-Emissionshandelssystem (*Emissions Trading Systems*, ETS) erfassten Emissionen⁴² und die gesamten Emissionen in den nicht vom ETS erfassten Sektoren, darunter auch die Landwirtschaft und die Forstwirtschaft.⁴³ Hier gibt es aber keine separaten, sektoralen THG-Minderungsziele, so auch keine für die Landwirtschaft oder Forstwirtschaft. Für die indirekt klimarelevanten Emissionen von Ammoniak (NH₃), die zu rund 95 % aus der Landwirtschaft stammen, schreibt die 2001 in Kraft getretene Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (National Emission Ceilings, NEC-Richtlinie⁴⁴) vor, dass diese in Deutschland bis 2010 auf maximal 550 kt NH₃/Jahr zu reduzieren waren und dieser Wert auch danach nicht überschritten werden darf. Derzeit wird die NEC-Richtlinie novelliert (s. Kap. 3.2.3). Die Europäische Kommission und das Europäische Parlament haben sich für eine Reduktionspflicht Deutschlands von mindestens 39 % (2030 ggü. 2005) ausgesprochen, der Ministerrat für mindestens 29 %.

Tab. 3.1 fasst die wichtigsten quantifizierten klima- und energiepolitischen Ziele in Deutschland und der EU zusammen. Im Anschluss an die Tabelle werden die einzelnen Abkommen und Ziele kurz erläutert.

⁴² In das ETS sind Großemittenten aus Energiewirtschaft und Industrie einbezogen.

⁴³ Zu den Nicht-ETS-Emissionen gehören zudem die Emissionen aus Verkehr, kleinen Energie- und Gewerbebetrieben, Haushalten und der Abfallwirtschaft. Emissionen der Quellgruppe LULUCF werden bei den Nicht-ETS-Emissionen nicht berücksichtigt.

⁴⁴ Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe.

Tabelle 3.1: Klima- und energiepolitische Ziele in Deutschland und in der EU

THG-Ziel	EU	Quelle	Deutschland	Quelle
Reduzierung der THG-Emissionen (ggü. 1990)	-8 % (2008-2012)	a)	-21 % (2008-2012)	b)
	-40 % (2030), -80 bis -95 % (2050)	d), i)	-40 % (2020), -55 % (2030), -70 % (2040), -80 bis -95 % (2050)	c)
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch	27 % (2030)	d)	18 % (2020), 30 % (2030), 45 % (2040), 60 % (2050)	c)
Bruttostromverbrauch			35 % (2020), 40-45 % (2025), 50 % (2030), 55-60 % (2035), 65 % (2040), 80 % (2050)	c), e)
Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte			14 % (2020)	f)
Anteil von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch	10 % aus erneuerbaren Energien, dabei höchstens 7 % aus konventionellen Biokraftstoffen	i)	3,5 % (2015) THG-Einsparung ggü. fossilen Kraftstoffen, 4,0 % (2017), 7,0 % (2020)	g)
THG-Minderungspotenzial, das Biokraftstoffe erreichen müssen, um für die in der vorherigen Zeile genannten Ziele angerechnet zu werden	35 %, 50 % (ab 2017), 60 % (ab 2018 bei Inbetriebnahme nach 31.12.2016)			h), i)
Reduzierung des Primärenergieverbrauchs (ggü. 2008)			-20 % (2020), -50 % (2050)	c)
Verbesserung der Energieeffizienz (ggü. Status-quo-Projektion)	+27 % (2030)			d)
Reduzierung des Stromverbrauchs (ggü. 2008)			-10 % (2020), -25 % (2050)	c)
Reduzierung des Endenergieverbrauchs im Verkehrsbereich (ggü. 2005)			-10 % (2020), -40 % (2050)	c)

Quellen: a) UNFCCC (1998), b) UNFCCC (2014), c) Bundesregierung (2010), d) EU Rat (2014), e) Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2014), f) Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-WärmeG – EEWärmeG), g) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), h) Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – Biokraft-NachV), i) 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 Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, geändert am 05.09.2015.

Kyoto-Protokoll

In dem 1997 beschlossenen und 2005 in Kraft getretenen Protokoll von Kyoto zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen verpflichtete sich die EU, ihre jährlichen THG-Emissionen in der ersten Verpflichtungsperiode 2008 bis 2012 im Vergleich zu 1990 insgesamt um 8 % zu verringern (tatsächlich erreichte Verringerung: 11,8 %; s. EC Climate Action 2016). Aus der Lastenverteilung zwischen den EU-Mitgliedstaaten ergibt sich für Deutschland eine Reduktionsverpflichtung von 21 % (tatsächlich erreichte Verringerung laut BMUB (2014a: 6): 24,7 %). In der zweiten Verpflichtungsperiode (2013 bis 2020) muss die EU ihre THG-Emissionen im Vergleich zu 1990 um 20 % reduzieren. Die Lastenteilung innerhalb der EU wurde im EU-Klima- und Energiepaket 2020 geregelt. Daraus ergibt sich für Deutschland für 2020 eine Reduktionsverpflichtung von 14 % gegenüber 2005.

Paris-Abkommen

Das im Dezember 2015 verabschiedete Paris-Abkommen stellt das erste Abkommen dar, welches für alle 195 Vertragsstaaten verbindliche Verpflichtungen enthält. Die im Kyoto-Protokoll festgelegte Unterteilung zwischen Industrieland und Entwicklungsland entfiel. In dem Abkommen ist völkerrechtlich verbindlich festgelegt⁴⁵, dass Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die anthropogen induzierte Erhöhung der Durchschnittstemperatur gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts soll es – gemäß den Empfehlungen des Weltklimarates – nur noch Netto-Null-Emissionen geben (UNFCCC 2015). Im Gegensatz zum Kyoto-Protokoll wird es aber keine allgemein gültigen Reduktionsverpflichtungen geben. Vielmehr gehen die Staaten die verbindliche Verpflichtung ein, ihre selbst definierten Klimaziele (*nationally determined contributions*, NDCs⁴⁶) mit geeigneten Maßnahmen zu erreichen. Das Abkommen tritt nach erfolgreicher Ratifizierung 2020 in Kraft. Bis dahin müssen alle Mitgliedstaaten ihre nationalen Strategien für 2050 einreichen bzw. die bereits eingereichten nationalen Klimaziele erhöhen, da diese bisher nicht ausreichend sind, um das globale Klimaziel einer Begrenzung der Temperaturerhöhung auf deutlich unter 2 °C zu erreichen. Die zur Paris-Konferenz eingereichten „intended nationally determined contributions“ (INDC) der EU und ihrer Mitgliedstaaten beinhalten eine Reduzierung der THG-Emissionen bis 2030 um mindestens 40 % gegenüber 1990 (EK und Lettland 2015). Das Reduktionsziel entspricht damit dem Rahmenplan der EU-Klima- und Energiepolitik bis 2030 (s. u.) bzw. dem Energiekonzept der Bundesregierung (s. u.). Das Paris-Abkommen sieht mehrere fünfjährige Verpflichtungszeiträume vor, für die jeweils in sog. Nachschärfungsrunden die Klimaziele angepasst werden sollen (Bals et al. 2016).

⁴⁵ Für eine Diskussion der völkerrechtlichen Verbindlichkeit vgl. Kap. 3.3.3.

⁴⁶ Bis zur Klimakonferenz als „intended nationally determined contributions“ (INDCs) bezeichnet, im Paris-Abkommen als „nationally determined contributions“ (NDCs).

EU-Klima- und Energiepaket 2020

Im sog. EU-Klima- und Energiepaket 2020 beschloss die EU 2008, ihre jährlichen THG-Emissionen bis 2020 um 20 % unter das Niveau von 1990 zu reduzieren bzw. sogar um 30 %, sofern auch von anderen Industrie- und Schwellenländern ein „angemessener Beitrag“ geleistet wird. Da es bei den Weltklimaverhandlungen im Jahr 2009 in Kopenhagen zu keiner internationalen Einigung kam, beträgt das verpflichtende Reduktionsziel der EU 20 %.⁴⁷ Weiterhin sollen die Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch der EU bis 2020 auf 20 % und an der im Verkehrssektor eingesetzten Energie auf 10 % steigen. Die Energieeffizienz soll in der EU im Vergleich zu Prognosen für das Jahr 2020 ebenfalls um 20 % verbessert werden. Hierzu wurde auch die EU-Energieeffizienz-Richtlinie (EU-ENEFF-RL) erlassen, die 2012 in Kraft getreten ist. Zusammenfassen lassen sich die drei Ziele zu der Forderung „20-20-20 bis 2020“. Aufgenommen wurden diese Ziele unter dem Kernziel „Klimawandel und Energie“ auch in die 2010 verabschiedete Europa-2020-Strategie der EU.

Mit der Entscheidung 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates „über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020“ wird das EU-Minderungsziel auf die einzelnen Mitgliedstaaten heruntergebrochen („Lastenteilung“). Es wurden Obergrenzen für die THG-Emissionen bzw. Mindestanforderungen für Reduzierungen jedes einzelnen Mitgliedstaates im Jahr 2020 festgelegt. Diese Obergrenzen liegen in einer Spanne, die im Vergleich zu den Emissionen von 2005 eine Reduzierung um 20 % erfordert oder einen Anstieg um 20 % erlaubt. Für Deutschland ergibt sich für 2020 eine Reduktionsverpflichtung von 14 %.

Die festgelegte Reduktionsverpflichtung für die THG-Emissionen in der EU soll erreicht werden über eine Reduktion der in das ETS einbezogenen Emissionen (von Großemittenten aus Energiewirtschaft und Industrie) um mindestens 21 % gegenüber 2005 und eine Reduktion der nicht im ETS erfassten Emissionen um mindestens 10 %. Zu den Nicht-ETS-Emissionen gehören die Emissionen aus Verkehr, kleinen Energie- und Gewerbebetrieben, Haushalten, Abfallwirtschaft und Landwirtschaft (nur Quellgruppe 3). Die Quellgruppe LULUCF ist bisher nicht in die EU-weit abgestimmten Minderungsverpflichtungen einbezogen. Somit können Klimaschutzaktivitäten im LULUCF-Sektor nicht auf das Erreichen der Reduktionsziele angerechnet werden, die in der o. g. Entscheidung festgelegt wurden. Die Reduktionsverpflichtung bezieht sich nur auf die Summe der Nicht-ETS-Emissionen, es gibt keine konkreten Vorgaben für die einzelnen Sektoren. Allerdings sollen laut den Erwägungsgründen der EU-Entscheidung alle Sektoren zur Erreichung der Minderungsziele beitragen.

⁴⁷ Zu diesen Zielen vgl. Richtlinie 2009/29/EG „zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten“ sowie Lastenteilungsentscheidung 406/2009/EG.

EU-Klima- und Energiepolitik 2030

Mit dem Ratsbeschluss vom Oktober 2014 zum Rahmen der EU-Klima- und Energiepolitik 2030 hat die EU weitergehende Reduktionsziele beschlossen: Die THG-Emissionen der EU sollen 2030 um mindestens 40 % unter denen von 1990 liegen. Dieses Ziel ist auch Inhalt der Meldung der EU zu den „*Intended Nationally Determined Contributions*“ (INDC), den Klimaschutzzusagen der Vertragsstaaten, die Grundlage für die Klimaschutzverhandlungen in Paris bildeten. Die INDC-Meldung der EU beinhaltet auch die Aussage, dass die EU-Klimapolitik bis 2030 alle Treibhausgase und alle Sektoren adressieren wird, also auch den LULUCF-Sektor. Das 40 %-Ziel soll durch Minderungen um 43 % (ggü. 2005) im ETS-Bereich und um 30 % (ggü. 2005) in den Nicht-ETS-Sektoren erreicht werden. Die Allokation der Verpflichtungen in den Nicht-ETS-Sektoren auf die Mitgliedstaaten wird wieder nach einer Lastenteilungsregelung erfolgen, die noch verhandelt wird.

Aktionsprogramm Klimaschutz 2020

Das im Dezember 2014 vom Bundeskabinett beschlossene Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 soll zur Absicherung des Ziels der Bundesregierung beitragen, die deutschen THG-Emissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 um 40 % zu senken. Darin enthalten sind auch Maßnahmen in der Landwirtschaft, und zwar die Umsetzung der Novelle der Düngeverordnung und eine weitere Ausdehnung des ökologischen Landbaus. Im Bereich LULUCF werden die Grünlanderhaltung und der Schutz von Moorböden genannt. Diese Maßnahmen werden nicht auf das 40 %-Ziel angerechnet, es wird aber erwartet, dass diese Emissionen nach 2020 in die Klimaschutzziele integriert und über Maßnahmen adressiert werden müssen. Aufbauend auf dem Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 wurden Mitte 2015 die Arbeiten am Klimaschutzplan 2050 begonnen, der die deutsche Klimaschutzpolitik bis zum Jahr 2050 koordinieren soll. Der Plan wird in einem Dialogprozess mit den Bundesländern, Kommunen, Verbänden, Bürgerinnen und Bürgern erarbeitet und soll 2016 von der Bundesregierung beschlossen werden (BMUB 2014a). Danach soll der Klimaschutzplan in regelmäßigen Zeitintervallen fortgeschrieben werden. Der Dialogprozess wird u. a. in Arbeitsgruppen für die verschiedenen THG-Quellgruppen strukturiert, darunter gibt es auch eine Arbeitsgruppe zur „Landwirtschaft/Landnutzung“, die Land- und Forstwirtschaft sowie Ernährung umfasst.

Einbeziehung der Quellgruppe LULUCF in Klimaschutzstrategien

Während die Quellgruppe LULUCF in die EU-weit abgestimmten Minderungsverpflichtungen nicht einbezogen ist, können Emissionsminderungen in diesem Bereich auf die Kyoto-Ziele angerechnet werden. Im Rahmen der ersten Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 war die Anrechnung von Quellen und Senken aus Aufforstung, Wiederaufforstung und Entwaldung obligatorisch, freiwillig konnten darüber hinaus die Waldbewirtschaftung und die landwirtschaftliche Flächennutzung in die Zielwertberechnung eingebracht werden. Deutschland hat in der ersten Verpflichtungsperiode die Waldbewirtschaftung als freiwillige Option aus dem Bereich LULUCF auf die Kyoto-Ziele angerechnet. Von der Option, auch landwirtschaftliche Flächennutzungen in die

Zielwertberechnung einzubringen, hat Deutschland in der ersten Verpflichtungsperiode keinen Gebrauch gemacht.

Für die zweite Verpflichtungsperiode 2013 bis 2020 wurden die Regeln zur THG-Bilanzierung im LULUCF-Sektor 2011 z. T. geändert. Neben Aufforstung, Wiederaufforstung und Entwaldung ist nun auch die Anrechnung der Aktivität Waldbewirtschaftung verpflichtend, und die Berechnungsregeln der CO₂-Bilanz haben sich geändert. Der Beitrag von Holzprodukten zur CO₂-Bilanz ist als verpflichtend anzurechnende, neue Kategorie zu berücksichtigen. Die Anrechnungsregeln wurden grundlegend überarbeitet mit dem Ziel, die Integration des LULUCF-Sektors in die Klimaschutzpolitik zu erleichtern und eine faire Bilanzierung zu erreichen, die den unterschiedlichen nationalen Gegebenheiten Rechnung trägt. Die Anrechnung von Emissionen aus landwirtschaftlichen Flächen (cropland management, grazing land management) bleibt dagegen wie zuvor optional. Darunter fallen Emissionen aus Grünlandumwandlung und landwirtschaftlicher Nutzung entwässerter Moore. Deutschland macht in der zweiten Verpflichtungsperiode von der Anrechnungsoption für landwirtschaftliche Flächen Gebrauch und berücksichtigt damit den Großteil der Senken und Emissionen des LULUCF-Sektors. Die „Entwässerung von Feuchtgebieten und Wiedervernässung“ wird als neue Aktivität in die CO₂-Bilanzierung Deutschlands aufgenommen.

Auf die festgelegten Klimaschutzziele der EU können THG-Emissionsreduzierungen im LULUCF-Sektor bisher nicht angerechnet werden. Für die THG-Anrechnung von Treibhausgasen im LULUCF-Sektor innerhalb der EU wurde 2013 ein verbindlicher Rahmen geschaffen.⁴⁸ Eine Anrechnung von THG-Reduzierungen in diesem Sektor auf die EU-weit vereinbarten Minderungsziele ist jedoch erst nach 2020 vorgesehen. Bereits für die Periode 2013 bis 2020 sollen die Mitgliedstaaten den Sektor LULUCF jedoch in ihre Klimaschutzstrategien einbeziehen und über die Umsetzung von LULUCF-Maßnahmen berichten.

Der Ratsbeschluss vom Oktober 2014 zum Rahmen der EU-Klima- und Energiepolitik 2030 sieht auch eine Integration des LULUCF-Sektors in die Klimaschutzpolitik vor. Diesbezügliche politische Schritte sollen noch vor 2020 eingeleitet werden. Wie eine öffentliche Konsultation der EU-Kommission im Mai/Juni 2015 zeigt, werden dafür drei sehr unterschiedliche Modelle erwogen. Der LULUCF-Sektor soll (i) entweder als separate Säule bestehen bleiben, (ii) zusammen mit der Quellgruppe Landwirtschaft in eine separate Säule zusammengeführt oder (iii) in die Lastenteilung der Nicht-ETS-Sektoren integriert werden.

Für die Skepsis der EU-Kommission wie auch der Mitgliedstaaten gegenüber einer vollen Integration des LULUCF-Sektors (Option (iii) bzw. volle Verrechenbarkeit von Gut- und Lastschriften zwischen den Säulen) spielt die sog.e „Umweltintegrität“ eine wichtige Rolle. Dieser Begriff bezieht sich auf die mit dem LULUCF-Sektor in Verbindung gebrachten Unsicherheiten bezüglich der Hö-

⁴⁸ Beschluss Nr. 529/2013/EU.

he von Emissionen und Senken, der Probleme der Kalkulierbarkeit aufgrund jährlicher Schwankungen, v. a. im Waldsektor, und der Schwierigkeit, die Wirkungen zusätzlicher Klimaschutzmaßnahmen von sonstigen Trends und natürlichen Einflüssen isolieren zu können. Bei der Entwicklung der neuen Anrechnungsregeln für die zweite Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls wurden die beschriebenen Probleme berücksichtigt. Damit wird den Anforderungen an die Belastbarkeit, Berechenbarkeit und Zusätzlichkeit⁴⁹ der angerechneten Emissionsminderungen bzw. Erhöhungen von Senken entsprochen.

Für eine Integration der Säulen spricht, dass der LULUCF-Sektor beispielsweise über die energetische Nutzung von Biomasse mit anderen Sektoren verbunden ist. Dies macht aus klimaschutzpolitischen Erwägungen eine gleichwertige und flexible Anrechnung von Emissionen und Senken in allen Sektoren erforderlich. Bei einer separat gehaltenen LULUCF-Säule besteht die Gefahr, dass keine ausreichenden Anreize für Klimaschutzleistungen in diesem Sektor entstehen. Von der vollen Anrechnung der Substitutionswirkungen durch Bioenergienutzung im Energiesektor gehen dagegen ohne ausreichende Berücksichtigung der Effekte im LULUCF-Sektor kontraproduktive Anreize für eine Übernutzung von Ressourcen aus.

Ein weiteres Problem für die Integration des LULUCF-Sektors nach 2020 ist mit der Frage verbunden, welche Auswirkungen dies auf das bereits festgelegte 40 %-Ziel der EU-Klima- und Energiepolitik 2030 hätte, und welche Folgen die Integration für die Lastenteilung und die bisher adressierten, anderen Nicht-ETS-Sektoren hätte. Es ist noch nicht absehbar, ob das Klimaschutzziel entsprechend der erwarteten Potenziale im LULUCF-Sektor angehoben werden soll oder ob andere Sektoren unter Beibehaltung des absoluten Minderungsziels entsprechend entlastet werden. Schließlich ist für die Frage, wie separat eine LULUCF- oder Landnutzungssäule in der EU-Klimapolitik wäre, die Anrechenbarkeit von Gutschriften aus dem LULUCF-Sektor in anderen Sektoren entscheidend. Dabei spielt sowohl die Frage der Gleichwertigkeit von Gut- und Lastschriften in verschiedenen Sektoren als auch die Frage einer Anpassung des THG-Minderungsziels bis 2030 eine Rolle. Bisher stehen noch keine Rahmenbedingungen für die Anrechenbarkeit von Gutschriften fest. Eine Landnutzungssäule zusammen mit der Quellgruppe Landwirtschaft hätte voraussichtlich den Effekt, dass Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft mit Senkenleistungen im Waldbereich saldiert würden, mit möglichen Folgen für die Sichtbarkeit der Emissionen und für Minderungsverpflichtungen.

Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050

In ihrem 2011 vorgelegten „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft“ macht die EU-Kommission Vorschläge, mit denen in der EU die THG-Emissionen um 80 bis 95 % gegenüber 1990 reduziert werden sollen (s. Tab. 3.2). Dieses Gesamt-minderungsziel

⁴⁹ Unter Zusätzlichkeit werden im Falle des LULUCF-Sektors anthropogen verursachte Änderungen der THG-Freisetzung und -Festlegung verstanden, die von den Wirkungen natürlicher Prozesse oder den Auswirkungen gegebener waldbaulicher Strukturen (Baumarten- und Altersklassenzusammensetzung) abzugrenzen sind.

wird nach Sektoren spezifiziert. Hierbei wird auch die Landwirtschaft adressiert: „Für die Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft werden gegenüber 1990 Senkungen von 36 bis 37 % bis zum Jahr 2030 und um 42 bis 49 % bis zum Jahr 2050 vorgeschlagen. Aufgrund der begrenzten Möglichkeiten einer Minderung der prozessbedingten N₂O- und CH₄-Emissionen in der Pflanzen- und Tierproduktion bliebe die Landwirtschaft hinter den THG-Emissionsreduzierungen in anderen Sektoren zurück.“ (Osterburg et al. 2013a: 42).

Für die Zeit nach 2030 erwartet die Kommission, dass die Nachfrage nach Agrarprodukten aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung ansteigen wird und deshalb die Emissionen im Agrarsektor langsamer sinken werden. Entsprechend wird der relative Anteil des Agrarsektors an den Gesamtemissionen steigen. Den Berechnungen zufolge wird dieser Anteil im Jahr 2050 etwa 30 % betragen, was eine Verdreifachung gegenüber 2005 darstellt.

Basierend auf dem Vorschlag für den Fahrplan bis 2050 wurden von der EU-Kommission für die Jahre 2020, 2030 und 2040 Zwischenziele vorgeschlagen. Für diese „Low-carbon 2050 strategy“ zeichnet sich derzeit jedoch noch keine Entscheidung ab.

Tabelle 3.2: THG-Reduzierungen in der EU gemäß des Kommissionsvorschlags „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“ ggü. 1990

	2005	2030	2050
Insgesamt	-7 %	-40 bis -44 %	-79 bis -82 %
nach Sektoren			
Stromerzeugung (CO ₂)	-7 %	-54 bis -68 %	-93 bis -99 %
Industrie (CO ₂)	-20 %	-34 bis -40 %	-83 bis -87 %
Verkehr (einschl. CO ₂ aus der Luftfahrt, ohne Seeverkehr)	+30 %	+20 bis -9 %	-54 bis -67 %
Wohnen und Dienstleistungen (CO ₂)	-12 %	-37 bis -53 %	-88 bis -91 %
Landwirtschaft (Nicht-CO₂)	-20 %	-36 bis -37 %	-42 bis -49 %
Andere Nicht-CO ₂ -Emissionen	-30 %	-72 bis -73 %	-70 bis -78 %

Quelle: EK (2011a: 6).

Anforderungen an Biokraftstoffe

Um sicherzustellen, dass Biokraftstoffe zum Klimaschutz beitragen, müssen diese bestimmte Vorgaben erfüllen, um auf das Erneuerbare-Energien-Ziel angerechnet werden zu können. Sie müssen gegenüber fossilen Kraftstoffen die Emission von Treibhausgasen um mindestens 35 % reduzieren, ab dem Jahr 2018 um mindestens 50 % bzw. mindestens 60 %, wenn die Anlage nach

dem 05.10.2015 in Betrieb genommen wurde.⁵⁰ Die Rohstoffe für die Biokraftstoffherstellung dürfen zudem nicht von Flächen mit hohem Kohlenstoffspeicher oder hoher naturschutzfachlicher Relevanz (z. B. Wälder und Moore) stammen.

Die EU-Kraftstoffqualitätsrichtlinie 2009/30/EG legt auf Mitgliedstaatenebene eine Senkung der energiebezogenen THG-Emissionen um 6 % fest. Weiterhin werden in den Richtlinien Methoden und Standardwerte für die Berechnung der kumulierten THG-Emissionen vorgeschrieben. Indirekte Landnutzungsänderungen (s. Kap. 2.1.2) fließen in die standardmäßige THG-Berechnung nicht ein, sollen aber von den Mitgliedstaaten in ihren obligatorischen Berichten dokumentiert werden.⁵¹ Um indirekte Landnutzungsänderungen der Biokraftstoffproduktion zu begrenzen, hat die EU 2015 mit der Novellierung der EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie festgelegt, dass der Anteil von Biokraftstoffen der ersten Generation⁵² 7 % des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor des betreffenden Mitgliedstaates nicht überschreiten darf.⁵³

Zwischenfazit

Bisher existieren in der EU und in Deutschland rechtsverbindliche Verpflichtungen zur Reduzierung a) der gesamten THG-Emissionen, b) der gesamten THG-Emissionen der im ETS erfassten Sektoren und c) der gesamten THG-Emissionen der nicht im ETS erfassten Sektoren. Damit gibt es bisher keine spezifischen, quantifizierten Reduktionsverpflichtungen für einzelne Sektoren, so auch nicht für die Land- und Forstwirtschaft. Akzeptiert man, dass die Begrenzung des anthropogen verursachten Klimawandels drastische Reduzierungen klimaschädlicher Emissionen erfordert, wie sie sich in den Reduktionszielen der EU und Deutschlands widerspiegeln, so ist offensichtlich, dass langfristig alle Sektoren zur Erreichung der Reduktionsziele beitragen müssen.

⁵⁰ Vgl. die 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, zuletzt geändert am 05.09.2015. Eine Emissionsminderungsvorgabe von mindestens 50 % stellt die Biodieselproduktion vor große Herausforderungen.

⁵¹ In Erwägungsgrund 5 der Richtlinie (EU) 2015/1513 heißt es: „... ist davon auszugehen, dass indirekte Landnutzungsänderungen zu erheblichen Treibhausgasemissionen führen und die Treibhausgasemissionseinsparungen einzelner Biokraftstoffe teilweise oder ganz aufheben könnten.“

⁵² Genauer: Biokraftstoffe, die aus Getreide und sonstigen Kulturpflanzen mit hohem Stärkegehalt, Zuckerpflanzen, Ölpflanzen und aus als Hauptkulturen vorrangig für die Energiegewinnung auf landwirtschaftlichen Flächen angebauten Pflanzen hergestellt wurden. Für die noch im Entwicklungsstadium befindliche Produktion von Biokraftstoffen der 2. Generation (BtL-Kraftstoffe – *Biomass to Liquid*) kann im Prinzip jegliche verfügbare pflanzliche Biomasse verwendet werden.

⁵³ 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, zuletzt geändert am 05.09.2015.

3.2 Klimaschutzrelevante Rahmenbedingungen für die Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft

Im Folgenden werden zuerst als eine wichtige Rahmenbedingung Entwicklungen auf den Märkten für land- und forstwirtschaftliche Produkte behandelt (Kap. 3.2.1). Anschließend werden verschiedene, für den Klimaschutz relevante Politikbereiche beleuchtet. Diese umfassen sowohl rechtlich verbindliche Rahmenbedingungen als auch verschiedene politische Strategien und Aktionspläne, die den Klimaschutzbeitrag von Land- und Forstwirtschaft betonen, wenngleich deren Ziele und Handlungsvorschläge oftmals wenig verbindlich sind. Zuerst wird hierbei auf die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) eingegangen (Kap. 3.2.2), da diese die Landnutzung auf über der Hälfte der Fläche Deutschlands direkt beeinflusst. Dem schließt sich eine Diskussion wichtiger umweltpolitischer Regelungen und Strategien zu den Umweltmedien Luft (Kap. 3.2.3), Wasser (Kap. 3.2.4) und zur Biodiversität (Kap. 3.2.5) an. Der Wald steht im Mittelpunkt der beiden folgenden Kapitel, und zwar in nationaler (Kap. 3.2.6) und internationaler Betrachtung (Kap. 3.2.7). Der Übergang zu einer sog. kohlenstoffarmen Wirtschaft (s. Kap. 3.1) erfordert den Ausbau erneuerbarer Energien und der biobasierten Wirtschaft. In Kapitel 3.2.8 wird daher auf das Erneuerbare-Energien-Gesetz eingegangen, in Kapitel 3.2.9 auf die Bioökonomiestrategie. Kapitel 3.2.10 betrachtet mit dem sog. 30-Hektar-Ziel ein Landnutzungsziel, das den Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsflächen begrenzen will und damit für den Erhalt landwirtschaftlicher Fläche wichtig ist. Schließlich wird in Kapitel 3.2.11 die Reduzierung von Lebensmittelabfällen adressiert.

3.2.1 Marktentwicklungen für land- und forstwirtschaftliche Produkte

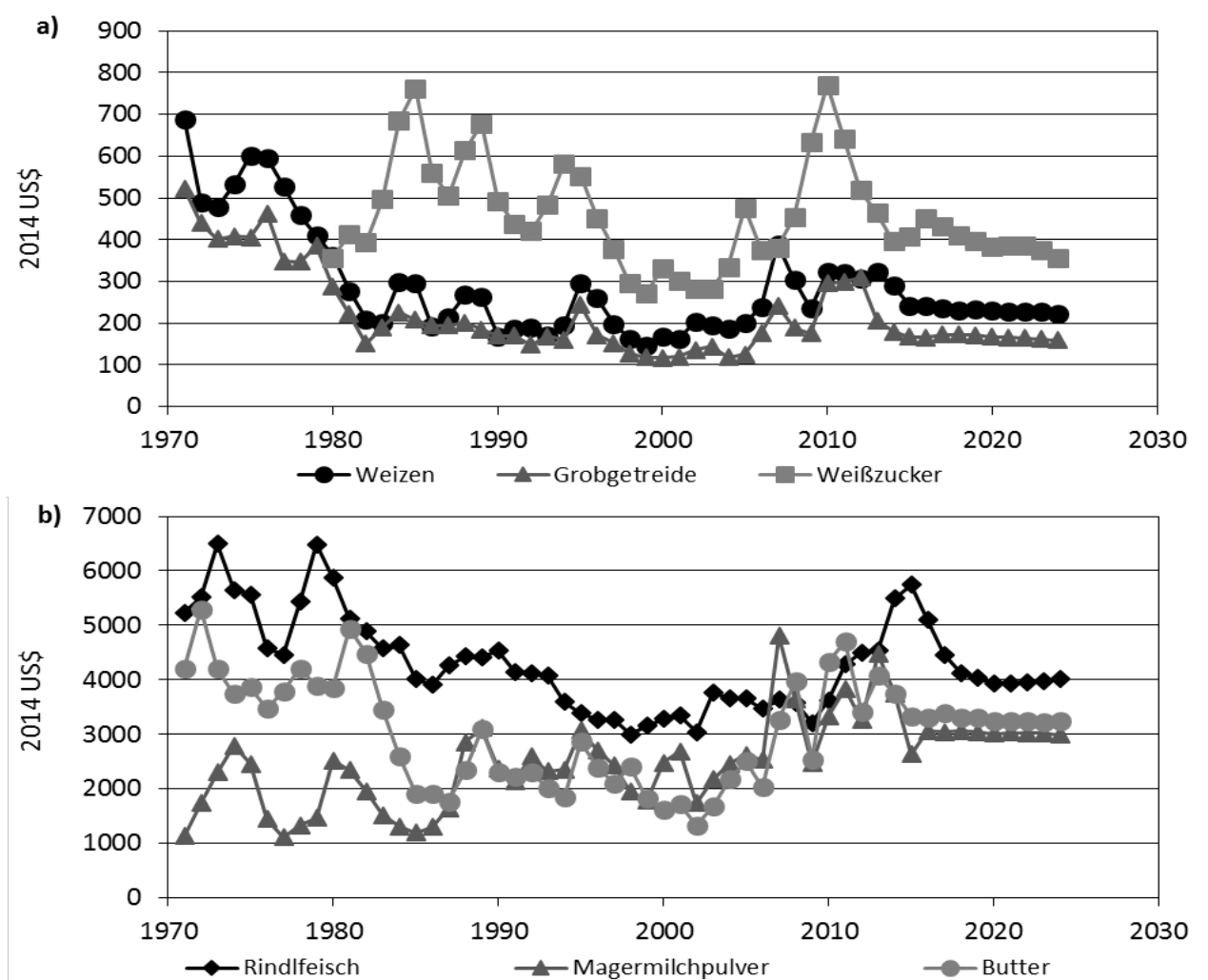
3.2.1.1 Produkte der Land- und Ernährungswirtschaft

Die internationalen Agrarpreise unterlagen von der frühen Industrialisierung bis zum Beginn des 21. Jahrhunderts einem bei starker Volatilität fallenden Trend, der v. a. auf einen ertragserhöhenden technischen Fortschritt zurückzuführen war, welcher den Anstieg der globalen Nachfrage nach Agrarprodukten übertraf. Nach einer Phase der Stagnation auf niedrigem Niveau in den Jahren um die Jahrtausendwende hat sich mit der sog. globalen Lebensmittelpreiskrise 2007/08 eine Niveauverschiebung nach oben ergeben (s. Abb. 3.2a und b). Trotz der darauf folgenden starken Schwankungen lag das Preisniveau seitdem durchgehend über dem Niveau der Jahrtausendwende. So lagen die Getreidepreise 2015 etwa 40 bis 45 % oberhalb des Niveaus im Jahr 2000, der Zuckerpreis etwa 23 %, der Rindfleischpreis etwa 75 % und der Butterpreis etwa 100 %. Die aktuellen Preisprojektionen der OECD (2016a) lassen für den Zeitraum 2015 bis 2024 ein real etwa gleichbleibendes Niveau erwarten (wobei die verwendeten Modelle zwar für Projektionen des Niveaus, nicht aber für Projektionen von Schwankungen um das Niveau geeignet sind). Hierfür sind auf der Angebotsseite ein abnehmendes Produktivitätswachstum und zunehmend begrenzte Möglichkeiten einer Flächenausdehnung verantwortlich; auf der Nachfrageseite ein global stark steigender Fleischkonsum, Bevölkerungswachstum sowie die Entwicklung neuer Nachfragekom-

ponenten wie etwa nichttraditionelle Bioenergien und stoffliche Nutzungen durch die chemische Industrie (vgl. WBA 2012).

Vor dem Hintergrund einer auch zukünftig stark steigenden globalen Nachfrage nach Agrarprodukten – die FAO geht von einem Zuwachs von 60 % im Zeitraum 2006/07 bis 2050 aus (Alexandratos und Bruinsma 2012: 7) – ist es in den kommenden Jahrzehnten eher unwahrscheinlich, dass sich der bis Anfang des 21. Jahrhunderts beobachtete Trend real fallender Agrarpreise wieder einstellt. Eine solche Entwicklung wäre allerdings zu einem späteren Zeitpunkt durchaus denkbar. Entscheidende Faktoren hierfür könnten eine Abnahme des globalen Bevölkerungswachstums, eine Sättigung der Lebensmittelnachfrage bei global deutlich höheren Einkommen sowie ein kostengünstiges Angebot von alternativen erneuerbaren Energien sein, wodurch der Anstieg der energetischen Nachfrage nach Biomasse gebremst würde.

Abbildung 3.2: Weltmarktpreise für ausgewählte pflanzliche (a) und tierische Agrarprodukte (b), 1971 bis 2024 (in 2014 US\$/t)

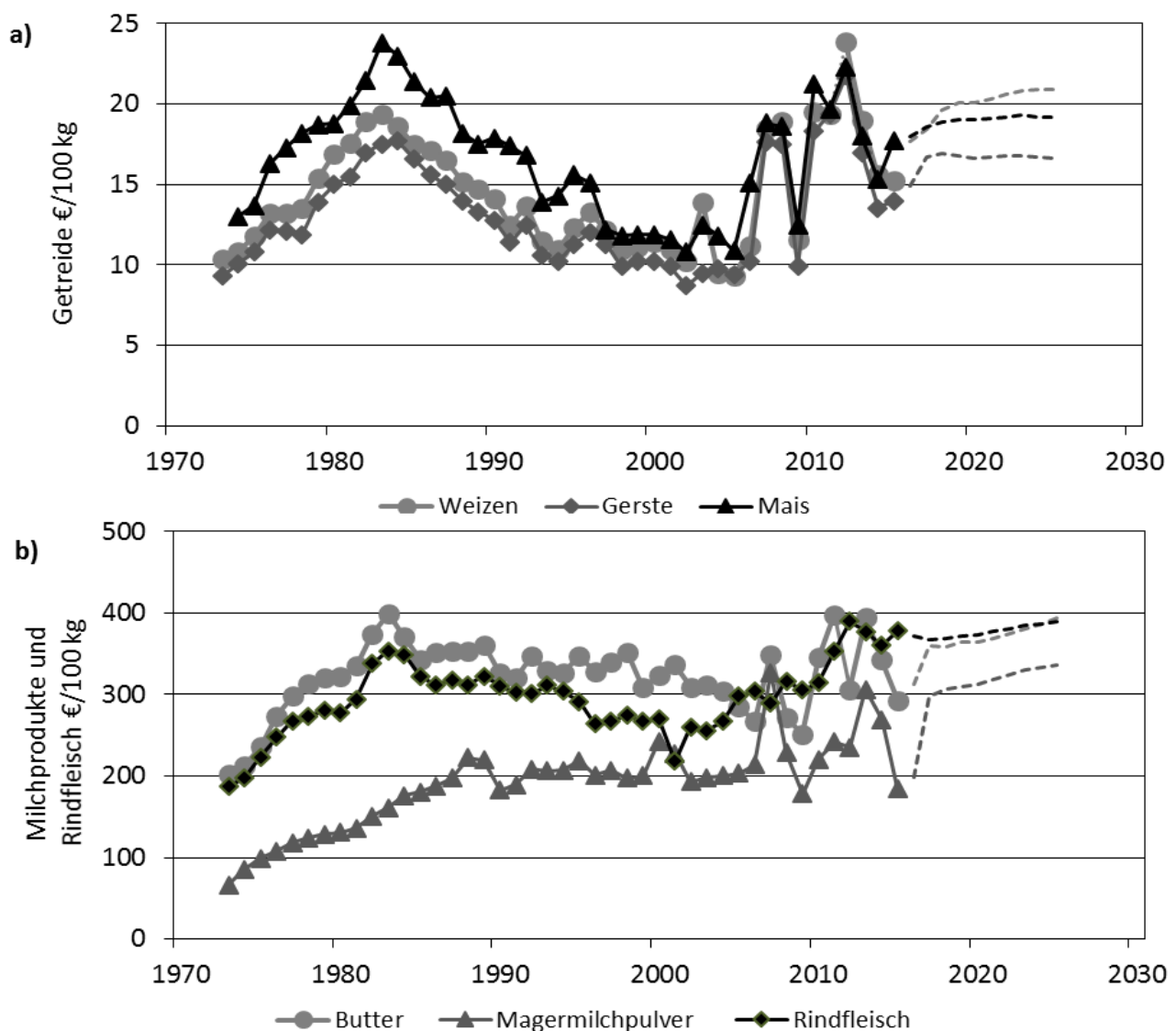


Anm.: Historische Daten bis 2014, Projektionen für 2015-2024.

Quelle: OECD (2016a, b), eigene Berechnungen.

Die Weltmarktpreise für Agrarprodukte sind typischerweise volatil, v. a. aufgrund der Wetter- und der daraus resultierenden Ertragsschwankungen. Über viele Jahrzehnte hat die GAP weite Teile der EU-Agrarmärkte von diesen Schwankungen isoliert und zusätzlich preisstabilisierende Maßnahmen auf den Inlandsmärkten eingesetzt. Die Reformen der GAP seit den 1990er-Jahren waren alle mit einer Reduzierung der staatlichen Preisstützung und einer Preisabsenkung und Angleichung an das Niveau auf den Weltagrarmärkten verbunden. Mit dieser Öffnung der EU-Agrarmärkte war auch eine Zunahme der Agrarpreisschwankungen innerhalb der EU verbunden (s. Abb. 3.3 für Deutschland). Auch für die Zukunft ist im Vergleich zur Situation bis Ende des letzten Jahrhunderts für die Landwirtschaft in der EU von deutlich volatileren Agrarpreisen auszugehen.

Abbildung 3.3: Entwicklung der nominalen Erzeugerpreise für Getreide (a), Rindfleisch und Milchprodukte (b) in Deutschland



Quelle: AGMEMOD-Datenbasis nach Salamon (2016) und Offermann et al. (2016).

3.2.1.2 Forstwirtschaftliche Produkte

Holz ist das Hauptprodukt der Forstwirtschaft in Deutschland, auch in Bezug auf den Handel. Durch die Nutzung von Holz wird der Klimaschutzbeitrag des Waldes an drei verschiedenen Stellen beeinflusst: 1. durch die Kohlenstoffvorräte im Wald, 2. durch die Kohlenstoffvorräte in Holzprodukten und 3. durch die Substitutionsleistung bei der Nutzung von Holz durch Verzicht auf energieintensivere Materialien und fossile Brennstoffe. Aus diesem Grund sollen die Marktentwicklung und die Einbindung Deutschlands in den internationalen Handel mit Holz und Produkten auf Basis von Holz kurz umrissen werden.

Verglichen mit der Situation Anfang der 1990er-Jahre ist der Holzeinschlag in Deutschland von ca. 40 auf ca. 70 Mio. m³ im Jahr 2013 deutlich angestiegen. Das hohe Niveau von 2007 vor der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise ist aber noch nicht wieder erreicht. Mittlerweile wird etwa ein Drittel des Holzes direkt energetisch genutzt (Jochem et al. 2015), d. h. der im Holz gebundene Kohlenstoff wird kurzfristig wieder in die Atmosphäre abgegeben. Durch diese Art der Holznutzung werden die in Tabelle 2.4 ausgewiesenen fossilen THG-Emissionen zwar vermieden. Aufgrund der geringeren Energieausbeute pro Tonne Kohlenstoff im Vergleich zu fossilen Brennstoffen ist der Substitutionsfaktor bei der energetischen Verwendung von Holz allerdings kleiner als eins. Der Klimaschutzbeitrag der energetischen Holznutzung ist damit nicht eindeutig positiv zu beurteilen. Ein positiver Klimaschutzbeitrag ergibt sich z. B., wenn Hiebsreste, die alternativ im Wald verrotten würden, zu Brennholz verarbeitet und anstelle fossiler Brennstoffe verbrannt werden. Das Gleiche gilt für Durchforstungen, wenn die Bäume ansonsten aufgrund der Konkurrenz im Bestand absterben und schließlich zersetzt würden. Werden Bäume allerdings extra zur Brennholzproduktion eingeschlagen, ist die Klimaschutzwirkung zumindest solange negativ, bis die Bäume in der Alternative „Fortbestand im Wald“ aus Altersgründen im Zuwachs nachlassen.

Etwa zwei Drittel des Holzeinschlages in Deutschland wird stofflich genutzt, der Großteil von der Sägeindustrie. Durch den Gebrauch der Produkte der Säge- und auch der Holzwerkstoffindustrie bleibt der Kohlenstoff z. T. über mehrere Jahrzehnte in den Produkten gebunden (s. Tab. 2.5). Hinzu kommt bei der stofflichen Verwendung von Holz ein Substitutionseffekt, der in der Regel bei über eins liegt und allein damit die stoffliche Holznutzung klimafreundlich macht (Sathre und O'Connor 2010).

Zwischen den Baumartengruppen unterscheidet sich die Verwendung des Holzes in Deutschland erheblich. Während beim Nadelholz mehr als drei Viertel des Holzes stofflich verwendet wird, werden beim Laubholz ca. zwei Drittel energetisch verwendet. Die Substitutionseffekte von Laub- und Nadelholz und damit deren Beitrag zum Klimaschutz sind daher auch deutlich unterschiedlich; darauf wird u. a. in Kapitel 5.4.4 eingegangen.

Die Weiterverarbeitung von Rohholz zu Holzhalbwaren und Fertigwaren auf Basis von Holz besitzt in Deutschland eine erhebliche Bedeutung. Der gesamte Cluster Forst und Holz erwirtschaftet pro Jahr ca. 180 Mrd. € Umsatz mit ca. 1,1 Mio. Beschäftigten (Becher 2015). Er ist internatio-

nal sehr wettbewerbsfähig, was sich daran zeigt, dass Deutschland bereits seit mehr als zehn Jahren weltweit zu den drei stärksten Nationen hinsichtlich des Bruttoexports von Produkten auf Basis von Holz zählt. Der intrasektorale Handel ist dabei stark ausgeprägt, was bedeutet, dass Deutschland auf allen Fertigungsebenen Produkte auf Basis von Holz sowohl einführt als auch in ähnlicher Größenordnung ausführt. Haupthandelspartner Deutschlands sind mit etwa 80 % die Länder der EU.

Da Klimaschutz ein globales öffentliches Gut ist, d. h. die Emittenten von Treibhausgasen schaden nicht ihrer Region im Besonderen, bleibt festzuhalten, dass der Klimaschutzbeitrag der Holznutzung unabhängig davon entsteht, wo das Endprodukt aus Holz am Ende verwendet wird. Wichtig ist, dass der Kohlenstoff im Holzprodukt gespeichert bleibt und eine höhere Emission durch die Verwendung eines alternativen Gutes unterlassen wird (Substitutionseffekt). Die enge internationale Verflechtung der Holzmärkte, nicht nur derer mit Beteiligung Deutschlands, macht es auf Basis der gegebenen Datengrundlage unmöglich, die einzelnen Rohstoff-, Halbwaren- und Produktströme im Einzelnen nachzuvollziehen und die Verbindung zum jeweiligen Ursprungsland herzustellen. Nach einem Rückgang der Holznutzung Anfang der 1990er-Jahre verzeichnete der Rohholzverbrauch seit Mitte der 1990er-Jahre zunächst geringe, seit der Jahrtausendwende deutlich steigende Zuwachsraten. Eine Ausnahme bildete ein Einbruch im Zuge der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise. Lagen Einschlag und Verbrauch von Rohholz in Deutschland 2002 noch bei 48,5 bzw. 47,7 Mio. m³, erhöhten sich diese Werte bis 2010 auf 68,4 Mio. m³ bzw. 72,4 Mio. m³ (Weimar und Seintsch 2012). Diese Entwicklung ist in erster Linie im Zusammenhang mit der Förderung der energetischen Verwertung von Biomasse im Zuge der Umstellung der Energiewirtschaft auf erneuerbare Energien zu sehen.

3.2.2 Klimaschutz und GAP

Bereits mit den Beschlüssen zum *Health Check* der GAP von 2008 hat der Klimaschutz für die Agrarpolitik zumindest strategisch an Bedeutung gewonnen. Der Klimawandel einschließlich der Anpassung an den Klimawandel und der Reduzierung von Treibhausgasemissionen wurde neben erneuerbaren Energien, Wasserwirtschaft, biologische Vielfalt und der Umstrukturierung des Milchsektors als eine entscheidende neue Herausforderung für die europäische Landwirtschaft bezeichnet und es wurde vorgegeben, dass die 2008 beschlossene Aufstockung der Mittel für die 2. Säule⁵⁴ für diese sog. neuen Herausforderungen verwendet werden müssen.⁵⁵

⁵⁴ Für Deutschland belief sich die Mittelaufstockung aus der Umschichtung aus der 1. Säule und dem EU-Konjunkturprogramm für die Jahre 2010 bis 2013 auf ca. 940 Mio. €. Der Herausforderung „Klimawandel“ konnte mit mindestens 21 der insgesamt 43 Maßnahmen zur ländlichen Entwicklung begegnet werden (Tietz 2010).

⁵⁵ Da auch bereits bestehende Maßnahmen angerechnet werden durften, ist der zusätzliche Klimaschutzeffekt des Health Check in Deutschland als gering anzusehen (s. Tietz 2010).

In den Beschlüssen zum mehrjährigen Finanzrahmen der EU (2014 bis 2020) und zur Reform der GAP wird der Klimaschutz noch stärker betont. Vom gesamten EU-Haushalt 2014 bis 2020 müssen 20 % für klimabezogene Maßnahmen verwendet werden. Dies ist durch entsprechende Berichtspflichten nachzuweisen (EK 2013). „Klimabezogene Maßnahmen“ umfassen hierbei sowohl die Anpassung an den Klimawandel als auch den Klimaschutz. Klimaaspekte sind zudem in alle großen EU-Politikbereiche zu integrieren. Inwiefern dies tatsächlich zu mehr Klimaschutz führen wird, bleibt abzuwarten.

Die wichtigsten klimaschutzrelevanten Neuerungen der GAP-Reform sind (s. Osterburg et al. 2013a, Röder et al. 2013, Martinez 2016):

- GAP-Ziele: Klimaschutz⁵⁶ wird sekundärrechtlich explizit in einem der drei Hauptziele der GAP genannt. Das 2. Hauptziel lautet „Nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und Klimaschutzmaßnahmen“ (EU-VO 1306/2013, Art. 110).⁵⁷
- Monitoring und Evaluation der GAP: Erstmals wird für die gesamte GAP ein Monitoring- und Evaluationsrahmen erstellt. Die Leistungsmessung der GAP erfolgt im Hinblick auf deren drei Hauptziele. Für das Ziel „Nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen sowie Klimaschutzmaßnahmen“ wird der Schwerpunkt der Leistungsmessung „auf den Treibhausgasemissionen, der biologischen Vielfalt sowie Boden und Wasser“ liegen (EU-VO 1306/2013, Art. 110).
- Flexibilität zwischen 1. und 2. Säule: Die Mitgliedstaaten können Finanzmittel im Umfang von bis zu 15 % ihrer nationalen Obergrenze für Direktzahlungen in die 2. Säule umschichten (EU-VO 1307/2013, Art. 14). Deutschland schichtet 4,5 % um und erhöht damit die ELER (Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums)-Mittel bis 2020 um 1,1 Mrd. €. Aus Sicht des Klimaschutzes ist dies zu begrüßen, sofern diese Mittel (teilweise) für klimaschutzrelevante Maßnahmen eingesetzt werden.
- *Greening* der Direktzahlungen: 30 % der nationalen Obergrenze für Direktzahlungen werden als „Zahlung für dem Klima- und Umweltschutz förderliche Landbewirtschaftungsmethoden“ an Landwirte gezahlt, die hierfür bestimmte Auflagen (Grünlanderhalt, Kulturartenvielfalt im Ackerbau, Flächennutzung im Umweltinteresse (ökologische Vorrangflächen)) einhalten müssen (EU-VO 1307/2013, Art. 47). Unter Klimagesichtspunkten sind insbesondere die Bestimmungen zum Grünlanderhalt relevant. Für Deutschland regelt das Direktzahlungen-Durchführungsgesetz, dass umweltsensibles Dauergrünland (in Flora-Fauna-Habitat-Gebieten gelegen) ab 2015 weder in andere Nutzungsformen überführt noch für eine Neueinsaat umgebrochen werden darf. Für das übrige Dauergrünland ist eine Umwandlung in andere Nutzungen nur mit Genehmigung möglich. Eine Genehmigung ist zu erteilen, wenn im gleichen

⁵⁶ In der englischen Fassung der EU-VO 1306/2013 wird der Begriff „climate action“ verwendet, der auch Anpassung an den Klimawandel beinhaltet.

⁵⁷ Das 1. Hauptziel der GAP lautet „Rentable Nahrungsmittelerzeugung“, das 3. „Ausgewogene räumliche Entwicklung“.

Flächenumfang an anderer Stelle in der betreffenden Region neues Dauergrünland anlegt wird.

- *Cross Compliance*: Wie bisher bleibt der Erhalt von Direktzahlungen an die Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen gebunden. Die bisherigen Regelungen zum Grünlanderhalt entfallen ab 2016, da der Grünlanderhalt über das *Greening* der Direktzahlungen geregelt wird.
- Prioritäten für die 2. Säule der GAP: Die EU-Verordnung über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) benennt sechs Prioritäten. Priorität 5 adressiert den Klimaschutz:

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

- a) Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung in der Landwirtschaft;
- b) Effizienzsteigerung bei der Energienutzung in der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelverarbeitung;
- c) Erleichterung der Versorgung mit und stärkere Nutzung von erneuerbaren Energien, Nebenerzeugnissen, Abfällen und Rückständen und anderen Ausgangserzeugnissen außer Lebensmitteln für die Biowirtschaft;
- d) Verringerung der aus der Landwirtschaft stammenden Treibhausgas- und Ammoniakemissionen;
- e) Förderung der Kohlenstoff-Speicherung und -bindung in der Land- und Forstwirtschaft“ (EU-VO 1305/2013, Art. 5).

Alle Prioritäten müssen drei übergreifenden Zielsetzungen Rechnung tragen, darunter die „Eindämmung des Klimawandels und Anpassung an seine Auswirkungen“.⁵⁸

Das Maßnahmenspektrum der ELER-VO bleibt inhaltlich im Vergleich zur vorherigen Förderperiode nahezu unverändert.⁵⁹ Zur Umsetzung der Priorität 5 kann eine Vielzahl von Maßnahmen beitragen, wie die indikative Liste der ELER-VO (Anhang VI) zeigt: Aufforstung und Anlage von Wäldern, Einrichtung von Agrarforstsystemen, Investitionen zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit und des ökologischen Werts der Waldökosysteme, Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, Ökologischer/biologischer Landbau, Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und der Wasserrahmenrichtlinie, Zahlungen für aus naturbedingten oder anderen spe-

⁵⁸ Innovation und Umweltschutz sind die beiden anderen übergreifenden Zielsetzungen.

⁵⁹ Die Umbenennung der bisherigen „Agrarumweltmaßnahme“ in „Agrarumwelt- und Klimamaßnahme“ geht nur insofern mit einer inhaltlichen Änderung einher, dass die Förderung des ökologischen Landbaus nicht mehr unter „Agrarumweltmaßnahme“ subsumiert ist, sondern nun als eine eigenständige Maßnahme aufgeführt ist.

zifischen Gründen benachteiligte Gebiete, Waldumwelt- und -klimadienstleistungen und Erhaltung der Wälder. Von den für mehrere Prioritäten bedeutenden Maßnahmen sind die folgenden potenziell klimarelevant: Beratungs-, Betriebsführungs- und Vertretungsdienste, Investitionen in materielle Vermögenswerte, Zusammenarbeit, LEADER. Im Prinzip können aber alle ELER-Maßnahmen unter der Priorität 5 programmiert werden.

- ELER-Budget und Budgetvorgaben: In der EU stehen 2014 bis 2020 für die 2. Säule 99,6 Mrd. € (in laufenden Preisen) zur Verfügung (nach Berücksichtigung optionaler Umschichtungen zwischen den Säulen durch die Mitgliedstaaten) im Vergleich zu 96,3 Mrd. € 2007 bis 2013. Auf Deutschland entfallen für die laufende Periode 9,4 Mrd. € (nach erfolgter Umschichtung von 4,5 % der Mittel aus der 1. in die 2. Säule; ohne Umschichtung: 8,3 Mrd. €) (BMEL 2015a) und damit nominal 4 % mehr als 2007 bis 2013 (9,1 Mrd. €).

Die Mitgliedstaaten bzw. in Deutschland die Bundesländer haben in der laufenden Periode größere Freiheiten in der finanziellen Schwerpunktsetzung ihrer ländlichen Entwicklungsprogramme. Während in der vorherigen Periode 50 % der Mittel durch Vorgaben für bestimmte Schwerpunkte gebunden waren, sind es nun 35 %. Mindestens 30 % der ELER-Mittel jedes Entwicklungsprogramms müssen zur Eindämmung des Klimawandels und zur Anpassung an seine Auswirkungen sowie für Umweltbelange verwendet werden. Eine Vielzahl von Maßnahmen⁶⁰ kann hierzu in Ansatz gebracht werden.

- Kofinanzierungsätze: Maßnahmen mit der Zielsetzung Umweltschutz und Klimawandel können zu maximal 75 % aus dem ELER finanziert werden. Für die meisten anderen Maßnahmen liegt die maximale EU-Beteiligung dagegen in den meisten Regionen in Deutschland bei 53 % (in den sog. Übergangsregionen 63 bzw. 75 %).⁶¹ Für alle Maßnahmen gilt, dass die förderfähigen Ausgaben zu 100 % EU-finanziert werden können, wenn sie mit Mitteln finanziert werden, die aus der 1. in die 2. Säule umgeschichtet wurden. Für Deutschland insgesamt verbessern sich damit im Vergleich zur vorherigen Periode die Möglichkeiten, Klimaschutzmaßnahmen mit EU-Mitteln zu finanzieren. Insgesamt sehen die Programme zur ländlichen Entwicklung in Deutschland neben den 9,4 Mrd. € aus ELER-Mitteln 4,7 Mrd. € als nationale Kofinanzierung und sogenannte zusätzliche nationale Mittel in Höhe von 2,7 Mrd. € vor (Tietz und Grajewski i. E.). Die gesamten öffentlichen Mittel einschließlich der zusätzlichen nationalen Mittel belaufen sich damit auf 16,9 Mrd. €. In der Förderperiode 2007 bis 2013 standen insgesamt 17,9 Mrd. € zur Verfügung.

⁶⁰ Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, ökologischer/biologischer Landbau, Zahlungen in benachteiligten Gebieten, Forstinvestitionen, Natura-2000-Zahlungen, umwelt- und klimaschutzbezogene Investitionen.

⁶¹ Wenn in einem ländlichen Entwicklungsprogramm ein thematisches Teilprogramm – möglich z. B. für „Eindämmung des Klimawandels und Anpassung an seine Auswirkungen sowie biologische Vielfalt“ – angeboten wird (was in Deutschland nicht der Fall ist), erhöht sich die maximale EU-Finanzierung der betreffenden Maßnahmen um 10 Prozentpunkte. Gleiches gilt, wenn eine Maßnahme im Rahmen eines sog. Finanzinstrumentes, beispielsweise auf Darlehensbasis, angeboten wird.

Eine Auswertung (Tietz und Grajewski i. E.) der geplanten Mittelverwendung in den ländlichen Entwicklungsprogrammen in Deutschland für die Förderperiode 2014 bis 2020 zeigt, dass 4,6 % der insgesamt 14,2 Mrd. € aus ELER-Mitteln und nationaler Kofinanzierung für Priorität 5 (Förderung der Ressourceneffizienz und Unterstützung beim Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft) eingeplant sind.⁶² Die Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen wurden dabei entsprechend dem vorwiegenden Ressourcenschutzziel den Prioritäten 4 (Wiederherstellung, Erhaltung und Verbesserung von Ökosystemen) oder 5 zugeordnet. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil der Maßnahmen der Priorität 4, auf die insgesamt 49 % der öffentlichen Mittel entfallen, auch positive Auswirkungen auf den Klimaschutz hat.

Ein wichtiger Bestandteil der GAP sind auch die Regelungen zum Agraraußenhandel. Zur Außenhandelspolitik hat der WBA (2015: 245 ff.) in seinem Nutztiergutachten dargelegt, dass Zölle kein geeignetes Instrument sind, um inländische Produzenten für höhere Tierschutz- und Umweltstandards zu kompensieren. Dies gilt auch für Klimaschutzstandards. Wenn es gelänge, klimaschutzpolitisch begründete Zölle in einer angemessenen Höhe festzulegen, könnte eine Abwanderung der Produktion für den inländischen Markt vollständig verhindert werden. Solche Zölle wären aber mit erheblichem institutionellen und administrativen Aufwand verbunden: Für die Beurteilung, ob ausländische Produkte zu niedrigeren oder vergleichbaren Klimaschutzauflagen produziert werden, müssten Äquivalenzregeln geschaffen werden, und ausländische, äquivalent klimaschutzgerechte Produkte müssten zertifiziert werden (Grethe 2007). Außerdem sind nach Prozessstandards differenzierende Außenzölle nach den WTO-Regeln nicht zulässig. Angesichts des hohen Interesses vieler Drittländer, in die EU zu exportieren, ist zumindest mittelfristig auch nicht zu erwarten, dass eine Einigung in Bezug auf Klimaschutzzölle erfolgen könnte. Innerhalb der EU, also z. B. bei einem deutschen Alleingang zur Anhebung von Klimaschutzauflagen, können Klimaschutzzölle aufgrund des gemeinsamen Marktes nicht umgesetzt werden.

Zwischenfazit

In der Förderperiode 2014 bis 2020 kommt dem Klimaschutz innerhalb der Ziele der GAP ein höheres Gewicht zu als zuvor und die Berichtspflichten (auch hinsichtlich des Klimaschutzes) werden ausgedehnt. Ob dies tatsächlich zu mehr Klimaschutz führen wird, muss sich allerdings noch zeigen. In der 1. Säule der GAP lässt die Umsetzung des *Greenings* kaum zusätzlichen Klimaschutz in Deutschland erwarten, obwohl für die „Zahlung für den Klima- und Umweltschutz förderliche Landbewirtschaftungsmethoden“ in Deutschland rund 1,5 Mrd. €/Jahr an Landwirte gezahlt werden. Mit gezielteren Maßnahmen ließe sich ein deutliches Mehr an Klima- und Umweltschutzleistungen erzielen (Röder et al. 2013, Isermeyer et al. 2014). In der 2. Säule der GAP bestehen vielfältige Möglichkeiten für Maßnahmen, die zu einer Reduzierung von THG-Emissionen beitragen können. Der tatsächliche Effekt hängt von der konkreten Ausgestaltung der Maßnahmen und

⁶² Nach der Zuordnung von Tietz und Grajewski (i. E.) ergäbe sich für die Förderperiode 2007 bis 2013 für die Priorität 5 (die es damals nicht gab) ein Finanzanteil von 1 %.

deren finanzieller Ausstattung in den Programmen zur ländlichen Entwicklung sowie von der freiwilligen Inanspruchnahme durch Landwirte und andere Förderberechtigte ab. Gemäß der indikativen Mittelverwendung der Programme zur ländlichen Entwicklung entfallen in Deutschland auf die Priorität 5 (s. o.) künftig 4,6 % der 14,2 Mrd. € aus dem ELER und der nationalen Kofinanzierung.⁶³ Eine Erhöhung des Außenschutzes („Klimaschutzzoll“) zur Durchsetzung klimapolitischer Ziele ist faktisch nicht möglich.

3.2.3 Klimaschutz und NEC-Richtlinie (Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe)

Ammoniak ist ein indirekt klimarelevantes Gas; indirekt deshalb, weil Ammoniakgas nach Emission in die Umwelt vielfältigen Umwandlungsprozessen unterliegt, u. a. zu klimarelevantem Lachgas. Die 2001 in Kraft getretene NEC-Richtlinie⁶⁴ schreibt vor, dass die Ammoniakemissionen in Deutschland bis 2010 auf maximal 550 kt NH₃/Jahr zu reduzieren waren und dieser Wert auch danach nicht überschritten werden darf. Zwar sind die Emissionen seit Anfang der 1990er-Jahre (1990: 706 kt, 1991: 630 kt) insbesondere wegen Abstockung der Tierbestände in den neuen Bundesländern stark zurückgegangen und erreichten 2010 nach der bis 2012 angewandten Berechnungsmethode mit 552 kt fast die zulässige Höchstgrenze. Allerdings überschritten die Emissionen 2011 mit 563 kt wieder etwas stärker die Höchstgrenze (UBA 2013d). 2013 erfolgte eine Änderung der Berechnungsmethode, ohne dass die Obergrenze von 550 kt NH₃/Jahr angepasst wurde. Nach der neuen Berechnungsmethode lagen die Ammoniakemissionen 2010 bei 643 kt (2013: 671 kt) und überschritten den zulässigen Höchstwert damit sehr deutlich (UBA 2015b). Da die Ammoniakemissionen zu rund 95 % aus der Landwirtschaft stammen, und hier laut Emissionsberichterstattung insbesondere aus der Rinderhaltung (52 %), der Schweinehaltung (20 %), der Geflügelhaltung (9 %) sowie der Mineraldüngeranwendung (15 %), besteht dringender Handlungsbedarf mit Folgen für die Landwirtschaft. In der Rinderhaltung entsteht ein Großteil der Emissionen bei der Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung, in der Schweinehaltung dagegen direkt im Stall (UBA 2014a).

⁶³ Diese teilen sich wie folgt auf die Unterprioritäten auf: a) Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung in der Landwirtschaft: 0,1 %, b) Effizienzsteigerung bei der Energienutzung in der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelverarbeitung: 1,0 %, c) Erleichterung der Versorgung mit und stärkere Nutzung von erneuerbaren Energien, Nebenerzeugnissen, Abfällen und Rückständen und anderen Ausgangserzeugnissen außer Lebensmitteln für die Biowirtschaft: 0,2 %, d) Verringerung der aus der Landwirtschaft stammenden Treibhausgas- und Ammoniakemissionen: 1,4 %, e) Förderung der Kohlenstoffspeicherung und -bindung in der Land- und Forstwirtschaft: 1,9 %.

⁶⁴ Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe.

Die Novellierung der NEC-Richtlinie befindet sich im EU-Gesetzgebungsverfahren. Der Kommissionsvorschlag⁶⁵ sieht für Deutschland vor, dass die Ammoniakemissionen ab dem Jahr 2030 um mindestens 39 % unter denen von 2005 liegen müssen. Die EU-Umweltminister sprachen sich am 16.12.2015 für eine Reduktionspflicht von 29 % aus, das Europäische Parlament in 1. Lesung für den Kommissionsvorschlag von 39 %. Es ist daher davon auszugehen, dass der Handlungsbedarf zur Reduktion der Ammoniakemissionen künftig steigen wird.

3.2.4 Klimaschutz und Wasserrahmenrichtlinie, Nitratrichtlinie und Umsetzung in Deutschland

Sowohl für den Klimaschutz als auch den Gewässerschutz im Bereich der Landwirtschaft kommt Stickstoffverbindungen eine besondere Bedeutung zu. Lachgas (N_2O) trägt wesentlich zu den direkten THG-Emissionen der Landwirtschaft bei, Ammoniak (NH_3) ist ein indirektes Treibhausgas. Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft sind zudem die Hauptursache für Nitratbelastungen in Grund- und Oberflächengewässern. Eine Reduzierung der Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft durch eine Erhöhung der Stickstoffnutzungseffizienz kann daher sowohl zur Erreichung von Klimaschutzzielen als auch von Gewässerschutzzielen beitragen. Gleichzeitig kommt Stickstoff für die landwirtschaftliche Produktion als Hauptpflanzennährstoff und als Inhaltsstoff von Futtermitteln (Protein) eine zentrale Bedeutung zu (WBA, WBD und SRU 2013).

Nach der 2000 in Kraft getretenen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)⁶⁶ sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, eine Verschlechterung des Zustands ihrer aquatischen Ökosysteme zu vermeiden und Maßnahmen umzusetzen, damit ihre Oberflächengewässer und Grundwässer bis 2015 (in Ausnahmefällen bis 2021 bzw. 2027) in einem guten Zustand sind. Die 1991 verabschiedete Nitratrichtlinie⁶⁷ verfolgt das Ziel, „die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art vorzubeugen“ (Art. 1). Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie⁶⁸ erfordert, dass bis 2020 ein guter Zustand der Meeresumwelt erreicht oder gehalten werden muss. Ein wichtiges Instrument zur Erreichung dieser Ziele stellt in Deutschland die Düngeverordnung⁶⁹ dar. Sie regelt die gute fachliche Praxis der Düngung auf landwirtschaftlichen Flächen und die Verminderung von

⁶⁵ Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG vom 18.12.2013 (2013/0443 (COD)).

⁶⁶ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.

⁶⁷ Richtlinie 91/676/EWG) des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.

⁶⁸ Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie)

⁶⁹ Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen.

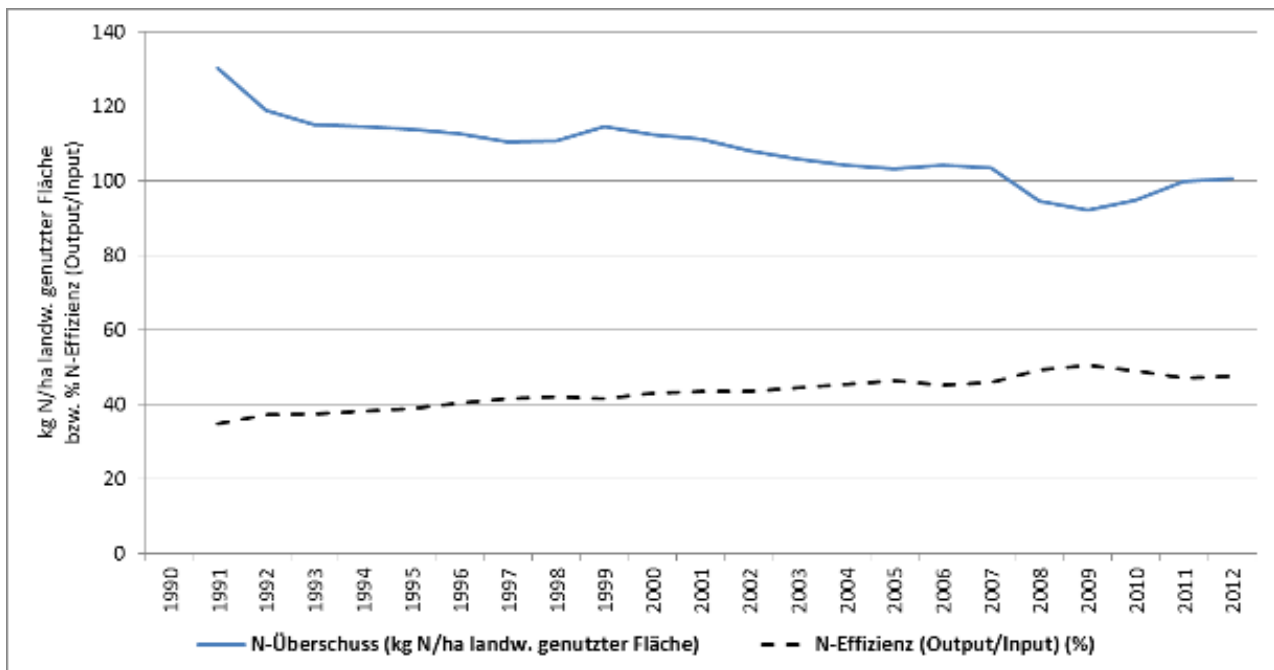
stofflichen Risiken durch die Anwendung von Düngemitteln. Gemäß Auskunft der Bundesregierung (2015a) ist bundesweit ein Viertel der Grundwasserkörper (306 von insgesamt 1.203) aufgrund einer hohen Nitratbelastung in einem schlechten chemischen Zustand. 190 von 6.305 Fließgewässern sind in den Entwürfen zu den 2. Bewirtschaftungsplänen nach Wasserrahmenrichtlinie mit einem Nitratgehalt über 50 mg/l eingestuft (Bundesregierung 2015a). Die 71 deutschen Übergangs- und Küstengewässerkörper verfehlen alle aufgrund von Eutrophierungseffekten den guten ökologischen Zustand nach WRRL (Bundesregierung 2015a).

Für den Klimaschutz ist es zentral, die Gesamtfracht an landwirtschaftlichen N-Überschüssen in die Umwelt zu begrenzen und damit die Lachgasentstehung zu reduzieren. Die Konzentration von Nitrat in den Gewässern ist dafür nicht in allen Fällen ein geeigneter Indikator. Hohe Niederschläge, Sickerwassermengen und daraus resultierende Verdünnungseffekte können dazu führen, dass trotz hoher N-Frachten niedrige Nitratkonzentrationen auftreten, aber gleichzeitig hohe Lachgasemissionen entstehen. Die Fokussierung der Wasserschutzpolitik auf Regionen mit hoher N-Konzentration in den Gewässern sollte daher durch einen Ansatz ergänzt werden, der auch die N-Frachten und die N-Konzentrationen in den Böden bewertet.

Die Landwirtschaft in Deutschland hat ihren Saldo der Stickstoffgesamtbilanz seit 1990 deutlich reduziert und die Stickstoffnutzungseffizienz erhöht. Allerdings ist seit mehreren Jahren auf Bundesebene wieder ein Anstieg des Bilanzsaldos zu verzeichnen (s. Abb. 3.4). Zudem liegt der Saldo nach wie vor deutlich über dem in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2002, 2012) festgelegten Zielwert von 80 kg N/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche. Regional variieren die Stickstoffüberschüsse stark. Hohe Überschüsse finden sich flächig in den Zentren der Tierhaltung und Biogaserzeugung und eher punktuell in Gemüseanbauregionen. Zudem sind auch in intensiven Ackerbauregionen N-Salden jenseits des Zielwertes dokumentiert (Taube 2016).

Der WBA hat bereits mehrfach zur Stickstoffüberschussproblematik in der Landwirtschaft Stellung genommen (WBA 1993, WBA, WBD und SRU 2013, WBA 2015), zuletzt in seinem Gutachten zur Nutztierhaltung, in dem er konstatiert „dass die Kombination aus hohen regionalen Viehdichten (plus Biogasanlagen) und ungünstigen geologischen Bedingungen eine zentrale Ursache für steigende Nitratwerte in den Gewässern darstellt und somit erhebliche Anstrengungen notwendig werden, um die Vorgaben der EU-Nitratrichtlinie, der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie [...] erfüllen zu können.“ (WBA 2015: 124). Beispielsweise zeigt eine aktuelle Studie (Heidecke et al. 2015) für das Wesereinzugsgebiet, dass eine Ausdehnung der Agrarumweltmaßnahmen sowie eine moderate Verschärfung der Düngeverordnung nicht ausreichen werden, um die Gewässerschutzziele bis 2021 zu erreichen.

Abbildung 3.4: Saldo der Stickstoffgesamtbilanz und Stickstoffnutzungseffizienz der Landwirtschaft in Deutschland (gleitender Dreijahresdurchschnitt)



Quelle: Eigene Darstellung. Eigene Berechnungen nach Daten des Statistischen Bundesamtes (o. J.) und BMEL (2015b).

Im April 2016 hat die Europäische Kommission Klage gegen Deutschland vor dem Europäischen Gerichtshof wegen der Nichteinhaltung der Nitratrichtlinie eingereicht. Die Europäische Kommission hatte bereits im Dezember 2013 ein Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland eingeleitet und mehrfach eine Verschärfung der Düngeverordnung angemahnt. Zu der seit mehreren Jahren diskutierten Novellierung der Düngeverordnung hat der WBA gemeinsam mit dem Wissenschaftlichen Beirat für Düngungsfragen (WBD) und dem Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2013 detaillierte Empfehlungen ausgesprochen (WBA, WBD und SRU 2013). Der WBAE, der WBD und der SRU haben Anfang 2016 in einem offenen Brief begrüßt, dass sich zahlreiche Empfehlungen in den Entwürfen (Stand Dezember 2015) zur Novellierung des Düngegesetzes und der Düngeverordnung wiederfinden. Sie haben aber auch darauf hingewiesen, dass einige Anpassungen aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes noch nicht ausreichend sind:

- „Die Übergangsfristen von bis zu 10 Jahren für die Einführung von emissionsarmer Ausbringungstechnik sind zu lang.
- Die Einarbeitungsfrist für Gülle, Gärreste und bestimmte weitere Düngemittel von vier Stunden ist zu großzügig angesetzt. Die Einarbeitung auf unbestelltem Ackerland innerhalb von einer statt der vorgesehenen vier Stunden ist eine hochwirksame und kosteneffiziente Maßnahme zur Minderung der Ammoniakemissionen. Eine Verkürzung der Einarbeitungszeit, wie auch der zuvor genannten Übergangsfristen, ist essenziell, um die Ziele der NE(R)C-Richtlinie zu erreichen und den Biodiversitätsverlust durch Eutrophierung zu verringern.

- Die Regelungen zur Phosphatdüngung entsprechen im Hinblick auf die erforderliche Berücksichtigung der Phosphat-Verfügbarkeit im Boden nicht dem Stand des Wissens. Sie führen einerseits nicht zu der notwendigen Abreicherung auf überversorgten Böden und verhindern andererseits Maßnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit auf unterversorgten Böden. [...]
- Die vorgesehene Derogationsregel für Gärreste auf Ackerflächen, d. h. Ausnahmen für die Ausbringungsbegrenzung von Stickstoff, ist nicht mit den Zielen des Gewässerschutzes vereinbar.
- Die Berücksichtigung von Futtermittelnverlusten in Höhe von 15 bis 25 % bei der Erstellung der Nährstoffvergleiche von Futterbaubetrieben ist unangemessen hoch und konterkariert die angestrebte Verbesserung der Nährstoffeffizienz auf Betriebsebene deutlich.
- Die Länderöffnungsklausel befähigt die Bundesländer, zusätzliche Maßnahmen in Gebieten mit hoher Nitratbelastung zu ergreifen. Ihre momentane Ausgestaltung bietet allerdings aufgrund der hohen Freiheitsgrade die Möglichkeit, auf Länderebene Standards festzusetzen, die hinter der erforderlichen Verschärfung in belasteten Gebieten zurückbleiben. Dies gefährdet die Erreichung der in Wasserrahmenrichtlinie und Nitratrichtlinie festgelegten Umweltziele.“ (SRU, WBAE und WBD 2016).

Auch aus Sicht des Klimaschutzes sollten diese Empfehlungen umgesetzt werden.

Im Juli 2015 hat die Europäische Kommission zudem an Deutschland eine Pilotanfrage zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Bezug auf die Verschmutzung aus diffusen Quellen gerichtet. Eine Pilotanfrage ist in der Regel der erste Schritt hin zu einem Vertragsverletzungsverfahren.

Dies alles zeigt die Notwendigkeit für einen wirksameren Gewässerschutz, der dazu führen muss, dass sich die Effizienz des in der Landwirtschaft eingesetzten Stickstoffs verbessert. Eine solche Verbesserung der Stickstoffeffizienz würde gleichzeitig auch dazu führen, die mit dem Wirtschaftsdüngermanagement und der Mineraldüngung in Zusammenhang stehenden Methan- und Lachgasemissionen zu verringern.

3.2.5 Klimaschutz und Biodiversitätsstrategie

Die 2007 verabschiedete Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt verfolgt das Ziel, bis zum Jahr 2020 die natürliche Speicherkapazität für CO₂ der Landlebensräume um 10 % zu erhöhen, z. B. durch Wiedervernässung und Renaturierung von Mooren und durch die Zunahme naturnaher Wälder (BMU 2007: 55). Um dieses Ziel zu erreichen, strebt sie eine kontinuierliche Erhöhung der CO₂-Senkenkapazität durch Neubegründung von Waldflächen an geeigneten Standorten, eine natürliche Entwicklung aller Hochmoore und Moorwälder sowie eine signifikante Reduzierung des Torfabbaus ab 2015 bei gleichzeitiger Steigerung der Verwendung von Torfersatzstoffen im Gartenbau und der Wiedervernässung entwässerter Standorte an (BMU 2007: 56 f.).

Bezogen auf die Forstwirtschaft geht die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt noch von einem „Waldökosystemansatz“ aus, bei dem die Senkenleistung von Waldökosystemen innerhalb ihrer Grenzen betrachtet und jede Holznutzung einer C-Freisetzung gleichgesetzt wird. Im Nachfolgevertrag des Kyoto-Protokolls ist aber inzwischen verankert, dass der Beitrag der C-Speicherung in Holzprodukten anrechenbar ist. Zudem finden darin die wirksamen Substitutionseffekte der energetischen und stofflichen Nutzung von Holzprodukten Beachtung. Daher kann die Beschränkung der Mitigationsleistung auf die Senkenfunktion der Wälder, wie in der Biodiversitätsstrategie vorgetragen, als nicht mehr zeitgemäß angesehen werden.

Bezogen auf die Landwirtschaft verfolgt die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt das Ziel, bis 2020 die Biodiversität in Agrarökosystemen deutlich zu erhöhen. Hierzu strebt sie u. a. eine Verringerung des Stickstoffüberschusses in der Gesamtbilanz bis 2010 auf 80 kg N/ha, eine weitere Verringerung bis 2015 und den kontinuierlichen Ausbau der Mittel für den Vertragsnaturschutz an. Wie in Kapitel 3.2.4 gezeigt, wurde die Verringerung auf 80 kg N/ha bis heute deutlich verfehlt.

3.2.6 Klimaschutz und Waldstrategie

Die Waldstrategie 2020 der Bundesregierung beinhaltet als zentrale Festlegung, dass Wald als CO₂-Senke erhalten bleiben soll. Gegenüber der allein an natürlichen CO₂-Speichern orientierten Sichtweise der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt bezieht die Waldstrategie 2020 auch die CO₂-Speicherung in Holzprodukten sowie das Substitutionspotenzial von Holzprodukten in die Lösungsansätze mit ein, ohne jedoch hierfür konkrete Ziele vorzugeben (BMELV 2011a: 11). Der Blickwinkel der Waldstrategie erfasst damit die gesamtwirtschaftliche Dimension von Klimaschutzmaßnahmen im Wald und betrachtet nicht nur dessen sektorale Wirkungen. Es wird betont, dass auf der einen Seite die Potenziale der heimischen Wälder zur Verbesserung des Klimaschutzes über die Nutzung von Holz aktuell noch nicht überall ausgeschöpft werden und dass auf der anderen Seite der Wald den klimatischen Veränderungen im besonderem Maße unterliegt. Um den Klimaschutzbeitrag der Wälder zu sichern, werden geeignete Anpassungsmaßnahmen ebenso empfohlen wie die Verwendung von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft zur Substitution energieintensiver Materialien. Das Ziel der Waldstrategie, die Anrechnung von Holz und Holzprodukten in die nationale Klima-/CO₂-Bilanz aufzunehmen, wurde bereits erreicht.

Das BMEL hat zusammen mit dem BMUB den Waldklimafonds aus dem Sondervermögen Energie- und Klimafonds⁷⁰ des Bundes aufgelegt. Er ist für den Zeitraum von 2014 bis 2019 mit 34 Mio. € ausgestattet (EUWID 2013: 9). Gefördert wird Forschung zur Unterstützung der Anpassung der Wälder an den Klimawandel, zur Sicherung der Kohlenstoffspeicherung und Erhöhung der CO₂-Bindung von Wäldern sowie zur Erhöhung des Holzproduktspeichers, der CO₂-Minderung und der Substitution durch Holzprodukte. Darüber hinaus werden auch Maßnahmen gefördert, die durch Forschung, Monitoring, Information und Kommunikation zu den genannten Zielen beitragen.⁷¹

3.2.7 Internationale Klimaschutzpolitische Initiativen im Bereich Wald

Im Zentrum des vorliegenden Gutachtens stehen Maßnahmen, mit denen in Deutschland stärker als bisher zum Klimaschutz beigetragen werden kann. Durch eine geregelte, nachhaltige Forstwirtschaft und den Schutz von Naturwäldern kann aber auch in anderen Ländern ein enormer Beitrag für den Klimaschutz geleistet werden. Circa 17 % der globalen anthropogenen Treibhausgasemissionen stammen aus der Waldzerstörung in den Tropen (IPCC 2007)⁷².

Entsprechend ist das Thema „Vermeidung von Emissionen aus Entwaldung in Entwicklungsländern (*Reducing Emissions from Deforestation, RED*)“ seit der 11. Vertragsstaatenkonferenz (COP) zur Klimarahmenkonvention im Jahr 2005 in Montreal Bestandteil der internationalen Klimaschutzverhandlungen. Seit der COP 16 in Cancun im Jahr 2010 firmiert das Thema unter „REDD+“. Das zweite D steht für Degradation von Wald, das + bezieht sich auf die fünf anerkannten REDD-Maßnahmen: Reduktion von Emissionen aus Entwaldung und Walddegradierung, Erhaltung und Anreicherung von Waldkohlenstoffbeständen sowie nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern in Entwicklungsländern. Dass die Landwirtschaft in den Tropenländern durch Verbesserung der Produktivität und Nachhaltigkeit der Bodennutzung zu diesen Maßnahmen indirekt beitragen kann, sei an dieser Stelle nur erwähnt. Auch die Landwirtschaft in Deutschland kann indirekt durch eine Reduktion der Futtermittelimporte den Fortschritt der Landnutzungsänderung von Wald zu landwirtschaftlichen Flächen in diesen Ländern verringern.

⁷⁰ Zweck dieses 2011 errichteten Sondervermögens ist es, „zusätzliche Programmausgaben zur Förderung einer umweltschonenden, zuverlässigen und bezahlbaren Energieversorgung sowie zum Klimaschutz“ zu ermöglichen (§ 2 des Gesetzes zur Errichtung eines Sondervermögens „Energie- und Klimafonds“ vom 8. Dezember 2010 (BGBl. I S. 1807), zuletzt geändert am 22.12.2014). Gespeist wird das Sondervermögen insbesondere aus den Einnahmen der Versteigerung von THG-Emissionsrechten des ETS.

⁷¹ Siehe Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zum Erhalt und Ausbau des CO₂-Minderungspotenzials von Wald und Holz sowie zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel (Förderrichtlinie Waldklimafonds) vom 03.12.2015.

⁷² Gegenüber früheren Angaben in IPCC-Berichten ist der prozentuale Wert gesunken. Dies liegt daran, dass die globalen anthropogenen Treibhausgasemissionen insgesamt gestiegen sind. Der absolute Wert der Emissionen aus Landnutzungsänderung hat sich kaum geändert.

Auf der 19. Vertragsstaatenkonferenz (COP 19) in Warschau 2013 wurde ein Rahmen für den zukünftigen REDD+-Mechanismus beschlossen („*Warsaw Framework for REDD-plus*“). Das wichtigste Instrument zur Umsetzung von REDD+ sind ergebnisbasierte Zahlungen für geleistete Emissionsreduktionen. Im völkerrechtsverbindlichen Paris-Abkommen (s. Kap. 3.1) wurden REDD+-Aktivitäten in einer marktbasierter Form als wichtiger Bestandteil aufgenommen (Artikel 5). Bereits ohne ein völkerrechtlich verbindliches Abkommen wurden von den Industrieländern erhebliche Summen an Geld zur Verfügung gestellt, um Klimaschutz international ergebnisbasiert, also auf Grundlage der eingesparten Emissionen, zu finanzieren (s. *Green Climate Fund*, GCF). Die gemeinsam 2009 in Kopenhagen beschlossenen 100 Mrd. US\$ jährlich wurden hierfür noch ergänzt um 30 Mrd. US\$ für den Zeitraum 2010 bis 2012. Deutschland beteiligte sich daran mit 1,29 Mrd. €. Die Mittel des Green Climate Fund sind allerdings nicht nur REDD+ vorbehalten, sondern werden u. a. auch für Projekte zur alternativen Energiegewinnung, Schaffung nachhaltiger Städte und landwirtschaftlicher Projekte mit Klimabezug verwendet. In einer begleitenden Entscheidung zum Paris-Abkommen wird das Versprechen der Industrieländer festgehalten, ab 2020 jährlich 100 Milliarden US\$ für arme Staaten bereitzustellen. Diese Summe soll bis 2025 fließen. Bereits vor 2025 soll ein neues Finanzierungsziel festgelegt werden. Im Abkommen selbst werden aber – aufgrund einer ausdrücklichen Forderung der USA – keine konkreten Zahlen genannt.

Weitere große Finanzierungsinitiativen sind die globale Initiative UN-REDD Programm sowie die *Forest Carbon Partnership Facility* (FCPF), die an der Weltbank angesiedelt ist und u. a. mit dem Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (UNDP) kooperiert. Deutschland ist mit bis zu 140 Mio. € an der Finanzierung der FCPF beteiligt. Zudem finanziert Deutschland über das nationale Programm IKI (Internationale Klimaschutzinitiative) Klimaschutz- und Biodiversitätsprojekte in Entwicklungs- und Schwellenländern sowie in Transformationsstaaten Mittel- und Osteuropas. Der IKI stehen jährlich mindestens 120 Mio. € aus dem Bundeshaushalt zur Verfügung.

Allein diese kurze Auswahl von Finanzierungsinitiativen zeigt, dass für die Bekämpfung von Waldverlusten bereits jetzt erhebliche finanzielle Mittel zur Verfügung stehen. Sie sind sicher auch nötig, bedeutet Walderhalt in vielen Fällen doch zunächst einmal den Verzicht auf andere Landnutzungsoptionen, zumeist landwirtschaftliche, sodass Opportunitätskosten für den Verzicht auf diese Nutzungsoptionen entstehen. Globale Schätzungen zu den Kosten von REDD+, die in erster Linie aus solchen Opportunitätskosten der jeweils alternativen Landnutzung bestehen, belaufen sich je nach unterstelltem Umsetzungsgrad von REDD+ auf ca. 5 bis 50 Mrd. US\$ jährlich (Köthke 2014: 14 f.).

Allerdings ist Walderhalt in den Tropen ein extrem komplexes Thema; finanzielle Mittel zum Ausgleich von Einkommensverlusten alleine dürften kaum wirksam sein. Eine von der FAO und dem Center for International Forestry Research (CIFOR) geleitete Untersuchung zeigt auf, dass die Hinderungsgründe für multifunktionale Forstwirtschaft in den drei Untersuchungsregionen Amazonasbecken, Südostasien und Kongobecken in erster Linie in mangelnder Rechtsstaatlichkeit (v. a. Konkurrenz mit illegal eingeschlagenem Holz, unzureichende Rechtssetzung und Rechts-

durchsetzung mit der Folge von Landnutzungskonflikten) sowie in fehlender Infrastruktur (z. B. Straßen) und ungenügender Betreuung und Ausbildung der Waldbesitzer durch Forstfachleute liegen (Guariguata et al. 2013). Ohne auch an diesen Schwachstellen anzusetzen, wird REDD+ unabhängig von der zukünftigen Mittelausstattung nicht erfolgreich sein können.

Vor diesem Hintergrund erscheint es nicht sinnvoll, in diesem Gutachten einzelne forstwirtschaftliche Maßnahmen in tropischen Ländern als Klimaschutzoptionen zu diskutieren. Ihre Wirksamkeit setzt meist eine deutliche Verbesserung der politischen Rahmensetzungen voraus. Die in Kapitel 5 vorgeschlagenen Maßnahmen umfassen daher nur Maßnahmen in Deutschland. Dies entspricht auch dem Grundsatz internationaler Klimapolitik, Klimaschutz an erster Stelle durch Maßnahmen im eigenen Land durchzuführen.

3.2.8 Klimaschutz und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist eines der zentralen Instrumente der Klima- und Energiepolitik in Deutschland und hat die landwirtschaftliche Flächennutzung in den letzten rund zehn Jahren massiv beeinflusst – und wird dies wegen des für 20 Jahre garantierten Fördermechanismus ab Inbetriebnahme einer Biogasanlage auch noch viele Jahre tun. § 1 Satz 1 EEG legt als Zweck des Gesetzes u. a. eine im Interesse des Klima- und Umweltschutzes nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung fest. Kern des EEG sind die Verpflichtung der Netzbetreiber zum Netzanschluss, der Einspeisevorrang des Stroms aus erneuerbaren Energien gegenüber Strom aus konventionellen Energieträgern sowie technologiespezifische feste Einspeisevergütungen bzw. eine optionale Marktprämie. Die Differenz zwischen dem Marktpreis und den Vergütungen der Anlagenbetreiber wird über die EEG-Umlage durch die Stromverbraucher getragen. Nach § 3 EEG soll die installierte Leistung der Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Biomasse um bis zu 100 MW/Jahr (brutto) gesteigert werden. Nach den Beschlüssen der Klimakonferenz in Paris steht eine Stromerzeugung ohne klimaschädliche Treibhausgase erstmals auf der energie- und klimapolitischen Agenda aller Staaten. Die Industriestaaten werden ihr Energiesystem spätestens bis zur Mitte dieses Jahrhundert umbauen müssen, was vorrangig nur über die erneuerbaren Energien möglich sein wird.

Der Beitrag des EEG zum Klimaschutz ist umstritten. Die Expertenkommission Forschung und Innovation bewertet in ihrem Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014 die Auswirkungen des EEG kritisch (EFI 2014: 51 ff.): Das Argument Klimaschutz trage nicht, da die CO₂-Emissionen für energieintensive Branchen durch das Emissionshandelssystem der EU gedeckelt sind. Dadurch reduziere der verstärkte Ausbau der erneuerbaren Energien in der deutschen Stromversorgung europaweit keine CO₂-Emissionen. Diese würden sich lediglich in andere Sektoren und ins europäische Ausland verlagern.

Das EEG beeinflusst die Landwirtschaft in Deutschland hauptsächlich über die Regelungen zu Biogasanlagen und die damit verbundene Bereitstellung von Gärsubstraten. Für die 2014 bestehen-

den 7.944 Biogasanlagen (installierte elektrische Leistung: 3.900 MW) (FNR o. J.a) wurden 2014 auf 1,4 Mio. ha Energiepflanzen, insbesondere Silomais, angebaut.

Die Erzeugung von Strom aus flüssiger Biomasse mit in Deutschland angebauten Ölpflanzen ist von untergeordneter Bedeutung. Die eingesetzte flüssige Biomasse muss ein THG-Minderungspotenzial von mindestens 35 % haben (mind. 50 % ab 2017 und mind. 60 % ab 2018 für nach dem 31.12.2016 in Betrieb genommene Anlagen (s. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV)).

Über das EEG wird auch die Stromerzeugung aus fester Biomasse wie Waldrestholz gefördert. Laut der Agentur für Erneuerbare Energien (o. J.) waren 2013 in Deutschland im Rahmen des EEG insgesamt rund 630 Holz(heiz-)kraftwerke mit einer installierten Leistung von insgesamt ca. 1.605 MW in Betrieb.

Der WBA hat sich bereits 2007 in seinem Bioenergiegutachten (WBA 2007) kritisch zum EEG geäußert und dafür ausgesprochen, solche regenerativen Energien zu fördern, die nicht in einer Flächennutzungskonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen, also Solar- und Windenergie, Geothermie sowie die Nutzung von Waldrestholz, Gülle, Klärschlamm, sonstigen Abfall- und Reststoffen, im begrenzten Umfang auch Stroh (WBA 2007: 219). In seiner Stellungnahme zur Förderung der Biogaserzeugung durch das EEG sprach sich der WBA (2011) für eine Umgestaltung der Biogasförderung dahingehend aus, dass neue Anlagen nur noch als reine Gülleanlagen⁷³ lukrativ sind. Bestehende Anlagen sollten Bestandsschutz genießen.

3.2.9 Klimaschutz und Bioökonomiestrategie

Als jüngste der für den Klimaschutz unmittelbar relevanten Politikstrategien hat die Bundesregierung im Juli 2013 die „Nationale Politikstrategie Bioökonomie“ beschlossen (BMEL 2014b), die Ziele, strategische Ansätze und Maßnahmen für eine Entwicklung hin zu einer biobasierten Wirtschaft⁷⁴ benennt. Diese soll mit möglichst wenig fossilen Rohstoffen auskommen, nachhaltig erzeugte Produkte und Dienstleistungen bereitstellen und damit ökonomisches Wachstum und ökologische Verträglichkeit vereinen. Der Wandel zu einer auf erneuerbaren Ressourcen beruhenden rohstoffeffizienten Wirtschaft soll vorangebracht und der Verbrauch von fossilen Energien maßgeblich gesenkt werden. Bei der Nutzung der biogenen Rohstoffe hat die Sicherung der Ernährung Vorrang. Nicht für Ernährungszwecke genutzte nachwachsende Rohstoffe sollen prioritär stofflich und möglichst erst am Ende der Nutzungskaskade energetisch verwertet werden.

⁷³ Mindestens 95 % Masseanteile Gülle an den gesamten Gärsubstraten.

⁷⁴ Synonym auch als wissensbasierte Bioökonomie bezeichnet.

In der Bioökonomiestrategie werden explizit acht Ziele benannt, von denen der Schutz des Klimas eines ist. Zwischen den Zielen bestehen z. T. Zielkonflikte. In den insgesamt acht Handlungsfeldern kommt der Land- und Forstwirtschaft eine besondere Bedeutung in den Handlungsfeldern „Nachhaltige Erzeugung und Bereitstellung nachwachsender Ressourcen“ und „Konkurrenz der Flächennutzungen“ zu. Als Maßnahme „Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft“ wird aufgeführt: „BMEL unterstützt die nationalen Klimaschutzziele durch Erarbeitung von Handlungsoptionen für die Land- und Forstwirtschaft. Dabei sollen deren Wirkungen auf die deutschen Treibhausgasinventare identifiziert und bewertet werden.“ (BMEL 2014b: 51).

Der Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe, auf den in der Bioökonomiestrategie Bezug genommen wird, stellt ebenfalls die Bedeutung des Klimaschutzes heraus, enthält aber keine konkreten Maßnahmen oder Ziele. Er soll einen Beitrag zum Klimaschutz durch Bindung von CO₂ durch Rohstoff liefernde Pflanzen und Substitution fossiler durch nachwachsende Rohstoffe leisten (BMELV 2009: 12). Auch dieser Aktionsplan betrachtet das Problem Klimaschutz damit aus sektorübergreifender Perspektive.

3.2.10 Klimaschutz und 30-Hektar-Ziel

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche nahm in Deutschland im Zeitraum 2011 bis 2014 im Durchschnitt um 69 ha/Tag zu (Statistisches Bundesamt o. J.). Die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche beeinflusst die THG-Emissionen zum einen dadurch, dass sich dadurch die Kohlenstoffvorräte (Boden, Biomasse, tote organische Substanz)⁷⁵ dieser Flächen ändern: Laut Nationalem THG-Inventarbericht 2014 betrug der implizite Emissionsfaktor für die Landnutzungsänderung zur Kategorie 4.E „Siedlungen“ 2012 in Deutschland im Durchschnitt 0,7 t C/ha bzw. 2,6 t CO₂/ha. Die jährlichen Gesamtemissionen aus der Quellgruppe 4.E stiegen in den letzten 20 Jahren und betragen 2014 3,5 Mio. t CO₂-Äq (s. Tab. 2.1). Für den Wald ist die Flächenbilanz zwar insgesamt positiv, aber wenn im Rahmen von Rodung Flächen mit hohen C-Vorräten durch Ersatzaufforstungen und junge Wälder mit geringen C-Vorräten ersetzt werden, ist die C-Bilanz negativ. Zum anderen verursacht die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche, die hauptsächlich zulasten landwirtschaftlicher Fläche geht, indirekte Landnutzungseffekte (s. Kap. 2.1.2). Negative Effekte für Natur- und Artenschutz resultieren aus dem Verlust relevanter Natur- und Landschaftsräume und der Zerschneidungswirkung des Verkehrsnetzes.

Bis zum Jahr 2020 will die Bundesregierung die durchschnittliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen auf maximal 30 ha/Tag verringern. Dieses sogenannte 30-Hektar-Ziel hat sie in

⁷⁵ In der nationalen THG-Berichterstattung werden für 2012 der mittlere C-Vorrat in Mineralböden Deutschlands und der mittlere C-Vorrat in der ober- und unterirdischen Biomasse wie folgt angegeben: Wald 62,3 und 54,7 t/ha, Acker 60,0 und 7,8 t/ha, Grünland 77,4 und 6,7 t/ha, Siedlungen: 58,7 und 13,4 t/ha. Bei der Umwandlung von Wald in Siedlungen ist zudem von einem C-Verlust in Höhe von 19,4 t/ha/Jahr auszugehen (UBA 2014b).

ihrer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie von 2002 festgelegt. In der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt von 2007 spezifiziert das BMU (2007), dass langfristig die tatsächliche Neuinanspruchnahme von Flächen weitgehend durch die erneute Nutzung vorhandener Flächen erreicht werden soll. Die Europäische Kommission geht in dem im September 2011 beschlossenen "Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa" noch weiter und strebt eine Netto-Null in der Neuinanspruchnahme von Flächen bis 2050 an.

Der Schutz der Flächennutzung erfolgt rechtlich über das Raumordnungs- und Bauplanungsrecht. Jedoch werden die Instrumente der Raumordnung (Ziele; Vorbehalts- und Vorranggebiete) praktisch nicht genutzt. Der Klimaschutz spielt derzeit im Bauplanungsrecht vorrangig in der Stadtentwicklung eine Rolle. § 1a Abs. 2 S. 4 Baugesetzbuch (BauGB) legt eine erhöhte Begründungspflicht bei der Umwandlung landwirtschaftlich oder als Wald genutzter Flächen fest. Erforderlich ist danach eine sorgfältige Ermittlung und Abwägung von Möglichkeiten der Innenentwicklung statt der Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen oder als Wald genutzten Flächen. Dieser Schutz wird weiter verstärkt durch § 1a Abs. 3 S. 5 BauGB, der auf § 15 Abs. 3 BNatSchG verweist. Dadurch werden die Anforderungen an die Rechtfertigung der Inanspruchnahme land- oder forstwirtschaftlich genutzter Flächen für planbedingte Ausgleichsmaßnahmen konkretisiert. Diese Maßnahmen haben jedoch bislang nur in beschränktem Umfang den Verlust landwirtschaftlicher Flächen reduzieren können, da regelmäßig eine Schonung land- und forstwirtschaftlicher Flächen gegenüber anderen Belangen nicht durchsetzbar war. Dem könnte durch eine normative Stärkung des Grundsatzes der Flächenschonung und des Schutzes der Agrarstruktur sowie durch eine stärkere Beachtung dieser Vermeidungspflichten im Verwaltungsvollzug entgegengewirkt werden (vgl. Entschließung des Deutschen Bauernverbandes vom 11.10.2011, für eine Vielzahl weiterer Maßnahmen s. Kap. 5.2.10).

3.2.11 Klimaschutz und Initiativen zur Verringerung von Lebensmittelabfällen

Auch Lebensmittel, die weggeworfen werden, haben bis dahin THG-Emissionen verursacht. Im Durchschnitt werden in der EU jährlich Lebensmittel in einer Größenordnung von ca. 180 kg pro Kopf weggeworfen (Noleppa und Carlsburg 2015). Die Europäische Kommission hat in ihrer Mitteilung „Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa“ (EK 2011b) als Ziel formuliert, die Entsorgung der genusstauglichen Lebensmittelabfälle in der EU bis 2020 zu halbieren. Der Vorschlag der Kommission von 2014 zur Änderung der Abfallrahmenrichtlinie sieht vor, dass die Mitgliedstaaten die Lebensmittelabfälle zwischen 2017 und 2025 um 30 % verringern müssen (EK 2014b). Die Bundesregierung steht „der Festlegung von Reduktionszielen [...] im Grundsatz positiv gegenüber. Allerdings hält die Bundesregierung die Vorgabe von Reduktionszielen nur dann für sinnvoll, wenn diese auch mess- und überprüfbar sind, wenn also Start- und Zielpunkte hinreichend

verlässlich quantifiziert werden können.“ (Bundesregierung 2015b: 2).⁷⁶ In der Kampagne des BMEL „Zu gut für die Tonne“ kommt der Abfallvermeidung eine zentrale Rolle zu (BMEL 2015c, s. a. Kap. 5.3.3). Diese Kampagne richtet sich ausschließlich an den Verbraucher, da der Handlungsbedarf im Lebensmitteleinzelhandel eher als gering eingestuft wird – trotz entsprechender Forderungen von Verbraucherzentralen und Verbänden (Noleppa und Carlsburg 2015).

3.3 Kritische Einordnung der Klimaschutzziele

In der wissenschaftlichen Ethik gibt es seit einigen Jahren einen eigenen Zweig, der sich mit der ethischen Bewertung des Klimawandels beschäftigt (s. z. B. Gardiner et al. 2010, Baatz und Ott 2015). Eine wichtige Frage innerhalb dieser sog. Klimaethik ist, ob ethische Fragen des Klimawandels isoliert von anderen Gerechtigkeitsproblemen (*isolationism*, vgl. Caney 2012) oder in Verbindung mit jenen (*integrationism*, vgl. Caney 2012) behandelt werden sollten. Obwohl der integrationistische Ansatz für die (Klima)Ethik eher angemessen scheint, ist es möglich, aus ethischer Perspektive Argumente dafür zu formulieren, warum bestimmten Sektoren – hier der Landwirtschafts-, Ernährungs- und Forstsektor – hinsichtlich eines bestimmten Umweltproblems – in diesem Fall dem Klimawandel – eine bestimmte Verantwortung zukommt.⁷⁷ Diese Argumente können dazu dienen, konkrete Handlungsempfehlungen, wie sie in Kapitel 6 formuliert werden, zu begründen (s. Kap. 3.3.1). Im Sinne des integrationistischen Ansatzes müssen diese Argumente und die durch sie begründeten Handlungsempfehlungen jedoch im Kontext anderer gesellschaftlicher Gerechtigkeitsprobleme sowie gesellschaftlicher Ziele gesehen werden (s. Kap. 3.3.2). Schließlich wird der Spielraum für eine entsprechende Abwägung verschiedener gesellschaftlicher Ziele durch rechtliche Vorgaben abgegrenzt. Diese werden in Kapitel 3.3.3 diskutiert.

⁷⁶ Frankreich hat im Februar 2016 eine gesetzliche Regelung erlassen. Danach sind Supermärkte ab einer Größe von 400 m² verpflichtet, unverkaufte Ware, deren Mindesthaltbarkeitsdatum abgelaufen ist, verbilligt abzugeben oder zu spenden. Wenn die Lebensmittel nicht mehr genießbar sind, müssen sie zu Tierfutter verarbeitet oder kompostiert werden (Henne 2016, *Loi relative à la lutte contre le gaspillage alimentaire* (n° 2016-138 du 11 février 2016), veröffentlicht im Amtsblatt Frankreich (JO n° 36 du 12 février 2016 = 12.2.2016)).

⁷⁷ Der Fokus auf dem Landwirtschafts-, Ernährungs- und Forstsektor liegt in der Kompetenz der Beiräte sowie in dem Adressaten, an den sich dieses Gutachten richtet, begründet. Der Fokus auf dem Gerechtigkeitsproblem Klimawandel gründet in der Einsicht, dass der Landwirtschafts- und Ernährungssektor wesentlich zu den THG-Emissionen in Deutschland beiträgt und der Forstsektor eine bedeutende Rolle hinsichtlich der Sequestrierung von THG-Emissionen spielt.

3.3.1 Klimaschutz aus ethischer Sicht

Das vorliegende Gutachten geht von der Prämisse aus, dass der Landwirtschafts-, Ernährungs- und Forstsektor einen deutlichen Beitrag zu Treibhausgasemissionsreduktionen in Deutschland leisten kann und sollte. Diese Überzeugung resultiert aus den weitreichenden Emissionsreduktionszielen, die sich Deutschland sowie die EU selbst auferlegt haben. Für diese Überzeugung, und damit auch für die Beibehaltung oder gar Verschärfung der deutschen bzw. EU-Klimaziele, sprechen Gerechtigkeitsgründe, aber auch Gründe des aufgeklärten Eigeninteresses. Beide sollen im Folgenden kurz entfaltet werden.

Der anthropogene Klimawandel wirkt sich, weltweit betrachtet, schädlich auf heute und in Zukunft lebende Menschen aus. So führt der Klimawandel global gesehen etwa zu mehr negativen als positiven Auswirkungen auf landwirtschaftliche Erträge und erhöht die Risiken für die Forstwirtschaft.⁷⁸ Aus globaler Perspektive liegt es daher im aufgeklärten Eigeninteresse der Weltgemeinschaft, einen „gefährlichen anthropogenen Klimawandel“ (UN 1992)⁷⁹, also Klimawandel eines Ausmaßes, an den sich die Menschheit nicht oder nicht hinreichend rasch anpassen kann, zu verhindern. Aus Gerechtigkeitsgründen sind Akteure (etwa Einzelstaaten, aber auch Produzenten und Konsumenten), die mit ihren Treibhausgasemissionen anderen heutigen und zukünftigen Menschen schaden, unter bestimmten Bedingungen diesen Anderen gegenüber moralisch verpflichtet, ihre Emissionen zu reduzieren. Gründe für solche moralischen Pflichten bestehen etwa darin, dass ein Akteur in relevantem Maß Treibhausgasemissionen verursacht hat bzw. weiter verursacht (Verursacherprinzip), dass er von den THG verursachenden Prozessen, Strukturen und/oder Aktivitäten profitiert (Nutznießerprinzip) und/oder dass er in der Lage ist, Treibhausgasemissionen im relevanten Ausmaß zu reduzieren (Fähigkeitenprinzip, *ability to pay principle*) (Hayward 2012).

Aus moralischer Perspektive trifft zu, dass Deutschland sowohl in relevantem Maße Treibhausgasemissionen verursacht hat und weiterhin verursacht (Verursacherprinzip), von der Prozessen und Aktivitäten, die THG-Emissionen verursachen profitiert (Nutznießerprinzip) als auch in der Lage ist, seine Emissionen zu reduzieren (Fähigkeitenprinzip).

⁷⁸ Auch führt der Klimawandel zu einem – wenn auch im Vergleich zu anderen Stressoren bisher geringen (IPCC 2014: 51) – negativen Einfluss auf die menschliche Gesundheit. Der Anstieg klimabedingter Extremereignisse wie Hitzewellen, Dürren, Überflutungen, Wirbelstürme und Brände stellt für viele, insbesondere arme Menschen in Entwicklungsländern eine zusätzliche Bedrohung ihrer Lebensgrundlagen dar (IPCC 2014).

⁷⁹ Gesellschaftlich scheint mittlerweile eine Interpretation dieses Begriffs akzeptiert zu sein, der gemäß die globale Durchschnittstemperatur nicht um mehr als 2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Durchschnittstemperatur steigen sollte (Baatz und Ott 2015), siehe auch das Klimaabkommen von Paris 2015). Um das 2-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 60 % oder mehr zu erreichen, darf die atmosphärische THG-Konzentration 450 ppm CO₂-Äq nicht übersteigen (den Elzen 2006) (zum 2-Grad-Ziel s. Jaeger und Jaeger 2011).

3.3.1.1 Treibhausgasreduktionen durch Produzenten

Für den Landwirtschafts- und Ernährungssektor in Deutschland gilt, dass dieser in relevantem Ausmaß Treibhausgasemissionen verursacht (Verursacherprinzip) und von emissionsverursachenden Tätigkeiten selbst profitiert.⁸⁰ Ob der Landwirtschafts- und Ernährungssektor (bzw. die betreffenden Personen) in der Lage ist, die im Zuge von Emissionsreduktionen auftretenden Kosten zu tragen (Fähigkeitenprinzip), kann pauschal nicht beantwortet werden. Stattdessen wirft dieser Aspekt Fragen der Verteilungsgerechtigkeit auf. Das heißt, es stellt sich die ethische Frage, wer (etwa: Landwirte, Verarbeiter, Vermarkter, Konsumenten, Steuerzahler) welchen Teil der entsprechenden Kosten tragen soll. Verschiedene Instrumente zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen weisen unterschiedliche Verteilungswirkungen auf. Damit birgt die Empfehlung bzw. Wahl entsprechender Instrumente immer auch ethische Implikationen.

Im Unterschied zum Landwirtschafts- und Ernährungssektor sind die Bereiche Forstwirtschaft und Holzverwendung netto keine Verursacher von Treibhausgasemissionen. Allerdings sind sie in der Lage, stärker als bisher Kohlenstoff zu sequestrieren (Fähigkeitenprinzip). Um die bestehende Senkenfunktion zu erhalten bzw. die Fähigkeit, Kohlenstoff zu sequestrieren, steigern zu können, ist jedoch eine Gewährleistung der ökologischen Stabilität und Produktivität der Wälder. Dies erfordert wiederum Anpassungsstrategien der Forstwirtschaft an den Klimawandel, die sowohl die Resistenz, Resilienz und Adaptation der Ökosysteme wie auch deren Mitigationsleistung berücksichtigen (vgl. Kap. 2.5).

Für alle drei Sektoren gilt, dass, wenn Emissionsreduktionsstrategien im Landwirtschafts-, Ernährungs- und Forstsektor zukünftig mit großer Wahrscheinlichkeit notwendig werden, die frühzeitige Entwicklung entsprechender Produktions- und Konsumpraktiken wirtschaftliche Vorteile bringen kann.

Aufgrund der hier diskutierten Argumente begrüßen der WBAE und der WBW die ambitionierten Ziele zur Reduktion der THG-Emissionen, die sich Deutschland und die EU gesetzt haben.

3.3.1.2 Treibhausgasreduktionen durch Konsumenten

Ob auch Konsumenten moralisch verpflichtet sind, über ihr (Konsum)verhalten zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beizutragen, wird in der philosophisch-ethischen Literatur, aber auch im öffentlichen Diskurs kontrovers diskutiert. Wie Sinnott-Armstrong (2005) gezeigt hat, lassen sich einschlägige moralische Normen wie etwa das Nicht-Schädigungsprinzip oder der Kant'sche Kate-

⁸⁰ So basieren etwa die im weltweiten Vergleich hohen Hektarerträge in Deutschland zu einem nicht unbeträchtlichen Teil auf der Verfügbarkeit von Betriebsmitteln wie Stickstoffmineraldünger und Pflanzenschutzmittel, für deren Produktion in relevantem Maße Treibhausgase emittiert werden.

gorische Imperativ nicht direkt auf den Fall individueller Treibhausgasemissionen übertragen. Teilweise wird die Verantwortung für die Treibhausgasemissionen des Konsums daher ausschließlich „der Politik“ zugesprochen. Diese sei erstens effektiver darin, unerwünschte Nebenwirkungen individuellen Verhaltens zu adressieren, da sie im Gegensatz zu von einzelnen Individuen ausgehenden Initiativen alle Verbraucher adressieren könne. Sie sei zweitens auch effizienter, da sie kollektives Handeln ermöglicht (Johnson 2003, Cripps 2013).

Als Antwort auf die Frage, wer für die aus dem individuellen Konsum resultierenden Emissionen verantwortlich ist, stellt der Verweis auf „die Politik“ aber nur scheinbar eine einfache Antwort dar. Einerseits ist diese Sichtweise an bestimmte Voraussetzungen gebunden: Zu argumentieren, „der Staat“ solle eine Reduktion der THG-Emissionen der Ernährung bewirken, setzt voraus, dass a) der Staat das Ernährungskonsumverhalten der Verbraucher tatsächlich so weitgehend steuern kann und b) so starke staatliche Eingriffe in die Konsumentensouveränität und individuelle Freiheiten (z. B. wie klimafreundlich der Einzelne seinen Weg zum Einkaufsort zurücklegt) von der Gesellschaft auch erwünscht sind.

Andererseits ergeben sich aus der Zuweisung von Verantwortung an „die Politik“ sekundär wiederum Pflichten für das Individuum. Wenn der Staat Regeln erlässt, die darauf abzielen, individuelle THG-Emissionen zu reduzieren, haben Individuen erstens die Pflicht, entsprechenden Regelungen Folge zu leisten (*duty to comply*). Zweitens kommen in einer Demokratie Regelungen wie etwa solche, die auf die Reduktion von konsuminduzierten Treibhausgasemissionen abzielen, nur zustande, wenn sich Individuen für entsprechende Regelungen einsetzen. Daraus ergibt sich eine individuelle Pflicht, sich politisch für solche Regelungen einzusetzen, mindestens durch ein entsprechendes Wahlverhalten (*duty to promote*). Darüber hinaus gibt es drittens überzeugende fairness-basierte Argumente dafür, dass Individuen auch über ihr Konsumverhalten dazu beitragen sollen, Treibhausgasemissionen zu reduzieren (sogenannte *fair-share duties*) (Voget-Kleschin und Baatz o. J.). Vorausgesetzt wird, dass a) globale THG-Emissionen auf ein bestimmtes Maß reduziert werden müssen und b) das verbleibende Gesamt-Emissionsbudget so auf Individuen verteilt werden kann, dass die individuellen Emissionsrechte als gerecht (d. h. als sogenannte *fair shares*) bezeichnet werden können.⁸¹ Unter diesen Voraussetzungen sind individuelle Treibhausgasemissionen moralisch falsch, wenn (i) die kollektiven Gesamtemissionen zu schädlichem Klimawandel führen und (ii) das Individuum seinen *fair share* überschreitet.

Beide Kriterien identifizieren ein Verhalten, das intuitiv moralisch problematisch ist: (i) bedeutet, dass das Handeln des Individuums zu einer kollektiv schädlichen Handlung beiträgt, (ii) dass das Individuum seinen gerechten Anteil überschreitet und letztlich etwas verbraucht, das anderen zusteht. Beide Kriterien sind notwendig, aber nur gemeinsam sind sie hinreichend. (i) ist nicht

⁸¹ Dies sagt nichts darüber aus, was für eine Verteilung (z. B. Grandfathering, Gleichverteilung, Verteilung, die die am schlechtesten Gestellten besserstellt), gerecht wäre, sondern setzt lediglich voraus, dass eine Verteilung anhand von Gerechtigkeitsgründen erfolgt.

hinreichend, da es als alleiniges Kriterium zu der Folgerung führen würde, Individuen müssten ihre Emissionen so weit wie irgend möglich reduzieren. Dies ist jedoch nicht zumutbar. (ii) ist nicht hinreichend, da Situationen denkbar sind, in denen das Verhalten von anderen, die das Individuum nicht beeinflussen kann, dazu führt, dass kein schädlicher Klimawandel auftritt. In diesem Fall müsste das Individuum seine Emissionen nicht reduzieren. Gemäß diesem Argument kommt Individuen also neben der Pflicht, bestehenden Regelungen Genüge zu tun sowie sich politisch für Regelungen einzusetzen, die darauf abzielen, THG-Emissionen zu reduzieren, drittens Pflichten zu, über Verhaltensänderungen ihre persönlichen THG-Emissionen so weit zu reduzieren, dass die je eigenen Emissionen das *fair share* nicht übersteigen. Wie groß der Aufwand ist, den Individuen dafür tatsächlich betreiben müssen, hängt 1. von der moralischen Frage ab, wie das *fair share* bestimmt wird, sowie 2. von der empirischen Frage, wie weit Emissionen in anderen Bereichen reduziert werden können, d. h. welcher Beitrag über individuelle Verhaltensänderungen geleistet werden soll. Aus philosophischer Perspektive kann man darüber hinaus fragen, ob die Tatsache, dass sich viele Individuen nicht an ihren *fair share* halten, bedeutet, dass Individuen, die sich um ein entsprechendes moralisches Verhalten bemühen (wollen), mehr oder weniger tun sollen oder ob sich die individuellen Verpflichtungen dadurch nicht ändern (vgl. etwa Stemplowska 2015, Hohl und Roser 2011, Karnein 2014, Cripps 2013).

In Rahmen des vorliegenden Gutachtens gehen der WBAE und der WBW aufgrund dieser Argumentation davon aus, dass eine Änderung des Verbraucherverhaltens einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann und soll. Die hier diskutierten Argumente stellen also die Begründung dafür dar, dass in diesem Gutachten Fragen des Verbraucherverhaltens diskutiert (s. Kap. 5.3) und daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen formuliert werden (s. Kap. 6.3).⁸²

Der WBAE wird sich in einem zukünftigen Gutachten intensiv mit (auch ethischen) Fragen nachhaltigen Lebensmittelkonsums auseinandersetzen.

3.3.2 Klimaschutz im Kontext anderer gesellschaftlicher Ziele

Maßnahmen zum Klimaschutz verursachen in der Regel Kosten. In dem Maße, in dem Ressourcen primär für Klimaschutz aufgewendet werden, stehen diese – von Zielsynergien abgesehen – nicht zur Verfügung, um zur Lösung anderer Gerechtigkeitsprobleme beizutragen. Zudem beeinflussen einzelne Klimaschutzmaßnahmen in der Regel auch andere gesellschaftliche Ziele wie Umwelt-, Natur- und Tierschutz, wirtschaftspolitische Ziele (Beschäftigung, Wirtschaftswachstum), verteilungspolitische, kulturelle oder ernährungspolitische Ziele. Hierbei treten Zielsynergien, aber auch Zielkonflikte auf.

⁸² Die Beiräte gehen davon aus, dass die in diesem Gutachten empfohlenen Maßnahmen nicht so tief in die Konsumentensouveränität des Einzelnen eingreifen, als dass sie als moralische Überforderung angesehen werden können.

So tragen Maßnahmen zur Verbesserung der Stickstoffdüngungseffizienz sowohl zur Reduzierung von Lachgasemissionen als auch zur Verringerung von Nitrateinträgen in Grund- und Oberflächengewässern bei. Die Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Moorflächen kann CO₂-Emissionen verringern und zum Naturschutz beitragen, insbesondere wenn die Flächen vorher intensiv genutzt wurden. Sie verringert aber in der Regel die wirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten und hat damit einen negativen Einfluss auf Beschäftigungs- und Einkommensmöglichkeiten. Sie kann zudem unerwünschte verteilungspolitische Auswirkungen haben, wenn dem nicht durch begleitende Maßnahmen entgegengewirkt wird. Die Reduzierung des Konsums von Lebensmitteln, deren Produktion mit relativ hohen spezifischen THG-Emissionen verbunden ist (z. B. tierische Produkte), kann für den einzelnen Konsumenten je nach Ausgangssituation und Umfang der Reduzierung mit positiven gesundheitlichen Auswirkungen einhergehen, aber auch zu einer unausgewogenen und daher ernährungsphysiologisch unerwünschten Ernährung führen. Eine Intensivierung der Forstwirtschaft kann aus Klimaschutzsicht positiv sein, sich unter Umständen aber negativ auf den Erholungswert oder die Biodiversität von Wäldern auswirken.

Zielkonflikte erfordern eine Abwägung und Prioritätensetzung, die nur auf Basis von Werturteilen erfolgen kann. Es ist jedoch nicht der Einzelne, der aufgrund von subjektiven Wertüberzeugungen zu entscheiden hat, welche Wichtigkeit etwa dem Klimaschutz im Vergleich zu beispielsweise gesundheits- oder auch wirtschaftspolitischen Zielen zukommt. Die Frage nach der Priorisierung gesellschaftlicher Ziele ist eine gesellschaftliche Frage, die politisch entschieden werden kann und muss.⁸³ Den integrationistischen Ansatz (s. Kap. 3.3.1) ernst zu nehmen bedeutet daher, anzuerkennen, dass politisch zunächst über die Bedeutung des Klimaschutzes im Vergleich zu anderen gesellschaftlichen Zielen entschieden werden muss, bevor auf dieser Basis über die Umsetzung der einzelnen in diesem Gutachten empfohlenen Klimaschutzmaßnahmen entschieden werden kann.

Die politische Entscheidung über die Bedeutung des Klimaschutzes im Vergleich zu anderen gesellschaftlichen Zielen findet nicht im luftleeren Raum statt, sondern muss sich an Prioritäten aus existierenden rechtlichen Vorgaben orientieren. Diese werden im folgenden Abschnitt behandelt.

3.3.3 Die rechtliche Stellung des Klimaschutzes im Vergleich zu anderen gesellschaftlichen Zielen

Das Klimaschutzziel findet sich auf allen Ebenen des Rechts, vom Völkerrecht über das Europarecht bis hin zum nationalen Recht. Auf der völkerrechtlichen Ebene ist der Klimaschutz ausschließlich Gegenstand völkervertraglicher Vereinbarungen, die, ausgehend von der staatlichen Souveränität, nur die Vertragsstaaten binden und von der Weite des staatlichen Konsenses ab-

⁸³ Die Priorisierung kann sich im Zeitablauf ändern.

hängig sind. Diese völkervertraglichen Vereinbarungen reichen auf die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen von Rio de Janeiro aus dem Jahre 1992 zurück. Konkrete Verpflichtungen folgten jedoch erst aus den Folgevereinbarungen im Rahmen der UN-Klimakonferenzen, von denen das Kyoto-Protokoll (s. Kap. 3.1) herausragt. Im Kyoto-Protokoll ist ein bis heute einzigartiger Grad an Verbindlichkeit und Prioritätssetzung zugunsten des Klimaschutzes erreicht worden. So einigten sich die industrialisierten Vertragsstaaten in Anhang B darauf, ihre Treibhausgasemissionen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um durchschnittlich 5,2 % unter das Niveau des Basisjahres zu senken. Darüber hinaus legten sie auch einen Katalog von Umsetzungsinstrumenten (die sog. flexiblen Mechanismen) fest. Durch diese völkerrechtliche Verbindlichkeit (ausgestattet durch ein Sanktionssystem) wurde eine Priorität des Klimaschutzes im Verhältnis zu anderen (arbeitsmarkt-, regional- oder gesellschaftspolitischen) Zielen der Vertragsstaaten festgelegt. Dieser Konsens war bis heute nicht wiederholbar. Bereits hinsichtlich der Ratifikation des Kyoto-Protokolls selbst (keine Ratifikation durch die USA), und im Besonderen bei den Verlängerungsverhandlungen (mit dem Austritt von Russland, Kanada, Japan und Neuseeland) ist deutlich geworden, dass die Mitgliedstaaten nicht bereit sind, sich völkerrechtlich insbesondere im Hinblick auf die Gewichtung des Klimaschutzes im Verhältnis zu anderen staatlichen Zielen festzulegen. Vor diesem Hintergrund sind die Ergebnisse der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 als Fortsetzung dieser zurückhaltenden Position einer Mehrheit der Staatengemeinschaft zu bewerten. Die 2-Grad-Obergrenze wurde völkerrechtlich verankert; jedoch wird sie erst verbindlich, wenn 55 Vertragsstaaten, die für mehr als 55 % der weltweit produzierten Treibhausgase verantwortlich sind, den Vertrag ratifiziert haben. Da die Ratifikation durch die USA unsicher ist, muss offenbleiben, ob das Abkommen jemals völkerrechtlich verbindlich wird. Zudem legt das Abkommen nicht verbindlich eine Priorität des Klimaschutzziels im Verhältnis zu anderen staatlichen Zielen fest. Das Sanktionssystem ist durch einen „*name and shame*“-Ansatz geprägt, der zu keiner rechtlichen Aufwertung des Klimaschutzzieles führt.

Eine Verbindlichkeit erhalten die völkerrechtlichen Vereinbarungen durch die Umsetzungsmaßnahmen der EU. Im europäischen Primärrecht selbst ist der Klimaschutz nur ein Ziel der Umweltpolitik (Art. 191 Abs. 1 4 AEUV (Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union)) und damit anderen Zielen, insbesondere denen der GAP, nicht übergeordnet. Auch aus der Querschnittsklausel Umwelt nach Art. 11 AEUV lässt sich eine derartige über das Umweltziel vermittelte Priorität des Klimaschutzes nicht entnehmen. Danach müssen zwar die Erfordernisse des Umweltschutzes bei der Festlegung und Durchführung der Unionspolitiken und -maßnahmen insbesondere zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung einbezogen werden. Insoweit wirken sie auch in die GAP hinein und ergänzen die Ziele der GAP in Art. 39 AEUV: Ein Vorrang des Umweltschutzziels im Verhältnis zu anderen Zielen ist aber weder der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs noch der Literatur zu entnehmen. Der europäische Gesetzgeber ist daher europarechtlich frei, im Rahmen einer Abwägung zwischen den staatlichen Zielen die Prioritäten zu bestimmen. Diese Gestaltungsfreiheit ist aber aus den o. g. völkerrechtlichen Abkommen reduziert, die der europäische Gesetzgeber durch die Ratifikation und weitergehende Verpflichtungen in Sekundärrechtsakten für die EU und ihre Mitgliedstaaten für verbindlich erklärt hat. Dadurch erfolgt eine Aufwertung des Klimaschutzes auch im Hinblick auf die GAP und deren Ziele. Dazu ge-

hören die Verpflichtungen aus dem Klima- und Energiepaket 2020, zu denen im Jahr 2009 zahlreiche verbindliche Rechtsvorschriften erlassen wurden und die auch Kernziele der Strategie Europa 2020 für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum sind. Zwar erhöht sich auch durch diese Regelungen nicht der rechtliche Wert des Klimaschutzzieles im Verhältnis zu anderen Zielen. Es ist aber eine Tendenz in diese Richtung erkennbar. Im Bereich der Landwirtschaft verdeutlicht dies Art. 110 Abs. 2 lit b.) VO 1306/2013⁸⁴. Danach soll die Leistung der GAP künftig am Maßstab der nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen sowie Klimaschutzmaßnahmen mit Schwerpunkt auf den Treibhausgasemissionen gemessen werden. Wenn die Absicht der Kommission, die Reform der GAP 2020 am Maßstab ihrer Leistungsfähigkeit auszurichten, umgesetzt werden sollte, erhielte dadurch das Klimaschutzziel eine vorrangige Bedeutung.

Das nationale Recht wird durch die Aufwertung des Klimaschutzzieles auf europäischer Ebene kraft des Vorrangs des Europarechts unmittelbar und durch die Ratifizierung der völkerrechtlichen Vereinbarungen mittelbar geprägt. Dadurch wird auch das Verfassungsrecht geprägt. Das Grundgesetz enthält keine spezifische Regelung zum Klimaschutz. Klimaschutz kann aber wie auf europäischer Ebene als ein Element des Umweltschutzes gewertet werden, wodurch es über die Staatszielbestimmung „Umweltschutz“ in Art. 20a GG einen verfassungsrechtlichen Rang erfährt. Daraus folgt – wiederum vergleichbar zum Europarecht – keine Vorrangstellung des Klimaschutzes im Verhältnis zu anderen öffentlichen Interessen, sondern nur eine Berücksichtigungspflicht im Rahmen der Abwägung. Aus verfassungsrechtlicher Sicht können daher die staatlichen Gewalten dem Klimaschutz z. B. agrarstrukturelle oder regionalpolitische Erwägungen auf der Grundlage sachgemäßer Erwägungen, die einer gerichtlichen Kontrolle nur begrenzt zugänglich sind, voranstellen. Die europarechtlichen Verpflichtungen überlagern jedoch diese verfassungsrechtliche Wertung, und auch die ratifizierten völkerrechtlichen Verträge prägen sie zumindest im Wege der verfassungsgerichtlichen Vorgaben einer völkerrechtskonformen Auslegung. Da jedoch den Mitgliedstaaten weiterhin ein breiter Gestaltungsspielraum bei der Umsetzung der Klimaschutzziele eingeräumt wird, verbleibt von dieser Überlagerung im Ergebnis nur eine erhöhte Begründungspflicht, wenn die Legislative, Exekutive oder Judikative im Rahmen einer Abwägung bzw. Auslegung das Klimaschutzziel als nachrangig gegenüber anderen Zielen sieht.

⁸⁴ Sogenannte Horizontale Verordnung über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der GAP.

4 Klimaschutzpolitische Instrumentierung

Klimaschutzpolitische Instrumente dienen einerseits dazu, den Emittenten von Treibhausgasen einen Anreiz zur Implementierung von Emissionsminderungs- oder Sequestrierungsmaßnahmen zu geben oder deren Umsetzung ordnungsrechtlich zu erzwingen. Andererseits können sie auch darauf ausgerichtet sein, die Erreichung der klimaschutzpolitischen Ziele ganz allgemein durch Änderungen im Bereich des Produktions- oder Konsumverhaltens zu unterstützen. Dieses Kapitel des Gutachtens diskutiert die verschiedenen zur Wahl stehenden Instrumente im Hinblick auf ihre Effektivität (Wirksamkeit der Zielerreichung), Kosteneffizienz (Vermeidungskosten je Tonne CO₂-Äq), Verteilungswirkungen und Administrierbarkeit. Die umweltpolitische Instrumentierung ist gedanklich zu trennen von den verschiedenen zur Wahl stehenden „technischen“ Emissionsminderungs- und Sequestrierungsmaßnahmen, die in Kapitel 5 im Detail beschrieben werden. Diese reichen von der gasdichten Abdichtung von Güllelagern über den Erhalt oder die Wiederanlage von Dauergrünland, die Wiedervernässung von Mooren, die Aufforstung landwirtschaftlicher Flächen oder die vermehrte Nutzung von Holz im Bauwesen bis hin zur Reduktion des Konsums tierischer Produkte, um nur einige Beispiele zu nennen. Damit solche Maßnahmen in ausreichendem Maße umgesetzt werden, müssen diverse umweltpolitische Instrumente eingesetzt werden, die in diesem Kapitel diskutiert und bewertet werden.

Eine kohärente, auf den Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft ausgerichtete umweltpolitische Instrumentierung existiert in der EU und den Mitgliedstaaten bisher nicht. Das bestehende umweltpolitische Regelwerk zielt auf ein breites Spektrum umweltpolitischer Probleme (z. B. Gewässerverschmutzung, Biodiversitätsverlust), hat allerdings mitunter direkte und indirekte Wirkungen auf die THG-Emissionen oder die Sequestrierungsleistung des Agrar- und Forstsektors. Als Beispiel seien hier die Düngeverordnung, Grünlanderhaltungsverordnungen der Bundesländer und verschiedene Aufforstungsprogramme genannt. Eine politische Handlungsoption bestünde darin, das bestehende Regelwerk stärker auf den Klimaschutz auszurichten und evtl. um fehlende Elemente zu ergänzen. Die Alternative besteht in der Entwicklung einer kohärenten sektoralen Klimaschutzpolitik, welche Synergien mit anderen umweltpolitischen Zielen zu maximieren sowie Produktions- und Einkommensverluste zu begrenzen versucht. In diesem Kapitel werden verschiedene Optionen erläutert und die jeweiligen Vor- und Nachteile erörtert. Dieses Kapitel bildet somit die Grundlage für Handlungsempfehlungen für eine Politikstrategie für Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung.

Die infrage kommenden umweltpolitischen Instrumente lassen sich grob in ordnungsrechtliche, förderrechtliche und fiskalpolitische Instrumente unterteilen. Zusätzlich können „weiche“ Instrumente, etwa in Form von Informations- und Beratungsangeboten, Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung zum Einsatz kommen. Diese verschiedenen Instrumente können an unterschiedlichen Stellen der Wertschöpfungskette ansetzen und damit unterschiedliche Akteure adressieren. Auch können freiwillige Initiativen der Produzenten, des Handels und der Konsumenten eine wichtige Ergänzung des Instrumentariums sein.

Die unterschiedlichen Instrumente unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Wirkungsweise. Einige Instrumente bewirken eine THG-Reduzierung dadurch, dass sie emissionsintensive Produktions- oder Konsumaktivitäten in ihrem Umfang zurückdrängen. So bewirkt etwa eine Reduzierung der Kuhzahl eine proportionale Einsparung an THG-Emissionen. Andere Instrumente führen zu einer verringerten Emissionsintensität der Produktionsaktivitäten, z. B. zu einem verringerten Methan-ausstoß je Kuh durch Verfütterung bestimmter Zusatzstoffe. Im Bereich der Forst- und Holzwirtschaft tragen insbesondere die Bindung (Sequestrierung) von CO₂ in Waldbeständen, Waldböden und Holzprodukten und die Substitution energieintensiver Produkte oder Prozesse zur Klimaschutzwirkung bei.

Die nachfolgenden Unterkapitel sind so aufgebaut, dass zunächst die Funktionsweise der einzelnen Instrumente erläutert wird; danach werden die Vorteile und mögliche Einschränkungen und Nachteile diskutiert.

4.1 Einbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in den EU-Emissions-rechtehandel

Der Wissenschaftliche Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie empfiehlt in seinem Gutachten „Wege zu einer wirksamen Klimapolitik“ (WBWT 2012), Preise konsequent als Instrument der Umweltschutzpolitik zu nutzen und die Emissionen dadurch zu verteuern. Dies könnte für die Land- und Forstwirtschaft dadurch erreicht werden, dass diese Wirtschaftssektoren in den EU-Emissionsrechtehandel einbezogen werden. Wie dies geschehen könnte und ob ein solches Vorgehen zielführend wäre, wird in diesem Kapitel diskutiert.

Der Emissionsrechtehandel ist seit seiner Einführung im Jahre 2005 das Hauptinstrument der EU zur Erreichung der Kyoto-Ziele in den Branchen Energieerzeugung und energieintensive Industrien. Seit 2012 sind auch Luftverkehrsunternehmen in den Emissionsrechtehandel einbezogen. Jede dem Emissionshandel unterliegende Emissionsquelle muss Emissionsberechtigungen für die emittierten Treibhausgasmengen nachweisen. Diese Emissionsberechtigungen sind handelbar. Die Handelbarkeit bewirkt, dass Treibhausgasemissionen dort vermieden werden, wo dies zu den niedrigsten Kosten möglich ist. Unternehmen mit hohen Vermeidungskosten werden dazu neigen, Emissionsberechtigungen zu kaufen, statt ihre eigenen Emissionen zu hohen Kosten zu reduzieren. Unternehmen mit niedrigen Vermeidungskosten werden dagegen mehr Emissionen (relativ kostengünstig) vermeiden und als Verkäufer von Emissionsberechtigungen auftreten. Dadurch kann ein angestrebtes Reduktionsziel zu niedrigeren volkswirtschaftlichen Kosten erreicht werden als etwa durch eine Auflagenpolitik, die alle Emittenten zu proportionalen Emissionsvermindierungen verpflichtet.

Eine mögliche Einbeziehung des Agrar- und Forstsektors in den Emissionsrechtehandel wurde bereits in der Literatur diskutiert (vgl. Radov et al. 2007, von Witzke und Noleppa 2007). Aus theoretischer Sicht wäre bei Vernachlässigung von Transaktionskosten eine solche Einbeziehung

effizient: Innerhalb des Sektors würden nur die Vermeidungsmaßnahmen mit den geringsten Kosten je Tonne CO₂-Äq gewählt werden. Gleichzeitig wäre sichergestellt, dass der Agrar- und Forstsektor nur dann einen wesentlichen Beitrag zur Emissionsvermeidung bzw. zur Kohlenstoffsequestrierung leisten würde, wenn die anderen dem Emissionshandel unterliegenden Sektoren Emissionen nicht zu niedrigeren Kosten vermeiden könnten. Letzteres setzt voraus, dass der Agrar- und Forstsektor keinem eigenen, geschlossenen Handelssystem unterworfen wird, sondern Emissionsberechtigungen zwischen den Sektoren frei handelbar sind.

Für die Einbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in den Emissionshandel werden zwei unterschiedliche Implementierungsmodelle diskutiert (Radov et al. 2007): die Volleinbeziehung und die projektgebundene Teileinbeziehung. Eine Volleinbeziehung kommt aus Sicht von WBAE und WBW nicht infrage, während eine Teileinbeziehung grundsätzlich möglich erscheint. Die Gründe für diese Einschätzung werden nach einer kurzen Erläuterung der beiden Implementierungsmodelle im Folgenden dargelegt.

4.1.1 Voll- und Teileinbeziehung

Bei der Volleinbeziehung nach dem *Cap-and-trade*-Modell wird für die vom Emissionshandel betroffenen Sektoren eine Emissionsobergrenze (*Cap*) festgelegt und den Unternehmen eine entsprechende Anzahl an Emissionsberechtigungen zugeteilt, die dann gehandelt werden können (*trade*). In diesem Modell müsste jeder Akteur des Sektors für jede Tonne emittierten CO₂-Äq eine Emissionsberechtigung nachweisen. Wenn ein Landwirt seine Produktion (und somit Emissionen) ausdehnen möchte, müsste er eine entsprechende Anzahl von Emissionsberechtigungen zukaufen oder seine Emissionen an anderer Stelle im Betrieb reduzieren. Bei Emissionsvermindern (z. B. Abstockung der Milchviehherde) könnten die nicht mehr benötigten Emissionsberechtigungen verkauft werden. Mit der Durchführung von CO₂-Sequestrierungsmaßnahmen (z. B. Aufforstung einer Ackerfläche) könnten „weiße“ Sequestrierungszertifikate geschaffen und in den Markt eingespeist werden. Dadurch entsteht auf einzelbetrieblicher Ebene ein fortwährender Anreiz zur Emissionsminderung bzw. zur Kohlenstoffsequestrierung. Da die generierten weißen Emissionszertifikate als Emissionsrechte in den Markt eingespeist werden und sie bei anderen Marktakteuren zu entsprechenden zusätzlichen Emissionen führen, tragen sie nicht zu einer Erhöhung des Klimaschutzes bei, wohl aber dazu, das angestrebte Klimaziel kostengünstiger zu erreichen. Der einzelbetriebliche Anreiz hängt von der Höhe des Zertifikatspreises ab. Beispielsweise betragen die jährlichen Emissionen einer Milchkuh mit 8.000 kg Milchleistung unter deutschen Produktionsbedingungen ca. 10 t CO₂-Äq (Hagemann et al. 2012). Beim gegenwärtigen Zertifikatspreis von ca. 6 €/t CO₂-Äq betrügen die Zertifikatskosten lediglich 60 €/Kuh/Jahr und somit nur ca. 3 % des Deckungsbeitrags – zu wenig, um Anreize für eine Abstockung zu schaffen. Beim historischen Höchstpreis für Emissionsberechtigungen von 30 €/t CO₂-Äq, wie er im Frühjahr 2006 aufgetreten ist, erhöhen sich die Zertifikatskosten bzw. der finanzielle Anreiz für eine Abstockung der Viehhaltung auf 300 €/Kuh.

Die Teileinbeziehung der Landwirtschaft in die Klimaschutzpolitik würde über ein sogenanntes *Baseline-and-Credit-Modell* erfolgen: Für klar definierte, zu zertifizierende Emissionsminderungs- bzw. Sequestrierungsprojekte unterhalb einer Basismenge (*Baseline*) können „weiße“ Zertifikate (*Credits*) generiert und in den Emissionshandel eingespeist werden. Wenn ein Landwirt z. B. eine Kurzumtriebsplantage anlegt oder eine Moorweide vernässt oder ein Waldbesitzer seinen Holzvorrat im Wald aufstockt, würden für die Sequestrierungsleistung bzw. für die vermiedenen Emissionen Gutschriften generiert und an andere Marktteilnehmer verkauft werden. Aus dem Verkaufserlös wäre dann eine teilweise oder vollständige Refinanzierung der Vermeidungskosten möglich.

4.1.2 Kritik an einer Volleinbeziehung

Trotz der genannten Vorteile gibt es eine Reihe von Herausforderungen für eine Volleinbeziehung des Agrar- und Forstsektors in den Emissionshandel:

1. **Administrierbarkeit:** Wegen der großen Anzahl kleiner, landwirtschaftlicher Emittenten wäre das System mit hohem Verwaltungsaufwand für Berichterstattung, Monitoring und Kontrolle verbunden. Allein in Deutschland wären ca. 284.000 landwirtschaftliche Betriebe, in Europa (EU-28) ca. 10 Mio. Betriebe zu berücksichtigen. Zwar könnte das im Rahmen der GAP bestehende System der einzelbetrieblichen Förderung über Direktzahlungen (Grundantrag Landwirtschaft) um ein Modul zur Erfassung der THG-Emissionen erweitert werden. Dennoch entstünde für die Datenerfassung und v. a. für die Kontrolle der gemachten Angaben in einem stark disaggregierten Sektor ein sehr hoher Verwaltungsaufwand auf Seiten der Behörden und der Landwirte. Außerdem erhielten die Landwirte jeweils nur wenige Zertifikate, die den Aufwand nicht rechtfertigten. Blicke der Emissionshandel im Rahmen einer *De-minimis*-Regelung auf größere Betriebe beschränkt, würde ein beträchtlicher Anteil der Treibhausgasemissionen des Sektors nicht erfasst werden. Nach Einschätzung von Radov et al. (2007) übersteigen die Verwaltungskosten die wirtschaftlichen Vorteile des Emissionshandels in der Landwirtschaft.

Alternativ zur Wahl landwirtschaftlicher Betriebe als Adressaten der Politik gäbe es die Möglichkeit, den der Landwirtschaft vorgelagerten („*upstream*“) Vorleistungsbereich, z. B. die Düngemittelindustrie und Futtermittelhersteller, für die in der Landwirtschaft bei der Nutzung der Betriebsmittel entstehenden THG-Emissionen in die Pflicht zu nehmen.⁸⁵ Aus administrativer Sicht hätte dies den Vorteil, dass eine kleinere Zahl von Unternehmen zu administrieren wäre. Diese Unternehmen würden dann die Zertifikatskosten über höhere Preise für ihre Produkte auf die Landwirte überwälzen. Die Landwirte wiederum würden die gestie-

⁸⁵ Die bei der Düngemittelherstellung anfallenden Emissionen sind bereits vom EU-Emissionsrecht handel erfasst, da die Düngemittelindustrie dem Emissionshandel unterliegt. Nicht erfasst sind auf dieser Stufe jedoch die durch die Anwendung der Düngemittel entstehenden Emissionen, um die es hier geht.

genen Preise zu einem sparsameren Umgang mit den jeweiligen Betriebsmitteln veranlassen mit der Folge verringerter Emissionen. Damit entspricht die Wirkung einer solchen Zertifikatspolitik der einer Betriebsmittelsteuer (z. B. Stickstoffsteuer, s. Kap. 4.2.1). Eine weitere Alternative bestünde darin, nachgelagerte Wirtschaftsstufen wie Schlachthöfe, Molkereien oder Mühlen als „*downstream*“-Erfassungspunkte für die Emissionen heranzuziehen. Die Berichts- und Nachweispflicht für Zertifikate auf die auf einem höheren Skalenniveau agierenden vor- oder nachgelagerten Bereiche zu übertragen, bedeutet allerdings eine Trennung von Emissionsquelle und Position der Emissionsmengenmessung und somit eine nicht zulässige Verletzung des „Quellenprinzips“ des Emissionshandels.

Auch in den vielen kleinen Forstbetrieben ist eine Bilanzierung der Kohlenstoffspeicherung in der Biomasse der Wälder nicht ohne weiteres möglich. Circa 48 % der deutschen Waldfläche ist Privatwald und über die Hälfte davon entfällt auf den Kleinprivatwald mit Flächengrößen unter 20 ha, in dem in der Regel keine Forsteinrichtungsdaten mit Informationen über Flächen der Baumarten, Holzvorräte, Zuwächse und Nutzungen vorliegen. Auch andere wichtige Kenngrößen wie z. B. die Kohlenstoffspeicherung im Waldboden werden auf der Ebene des Waldbesitzes nicht erfasst.

2. Emissionsbilanzierung und -monitoring: Eine Grundvoraussetzung zur Einbeziehung in den Emissionsrechtehandel ist die Vereinbarkeit der Treibhausgas Erfassung mit den EU-Grundsätzen des Emissionsmonitoring. Bei landwirtschaftlichen THG-Emissionen handelt es sich überwiegend um nichtpunktförmige (diffuse) Emissionen, deren Quantifizierung teuer und unsicher ist. Weiterhin bestehen Unsicherheiten über den tatsächlichen Umfang der für die Ermittlung der THG-Emissionen angenommenen landwirtschaftlichen Tätigkeiten (Unsicherheit „Aktivitätsniveau“) sowie über den tatsächlichen Ausstoß der Emissionen aus den verschiedenen Produktionsprozessen (Unsicherheit „Emissionsfaktor“). So ist beispielsweise die Unsicherheit bei der Berechnung von CH₄-Emissionen aus enterischer Fermentation bei Milchkühen oder aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (Unsicherheit je ca. 40 %) ca. 8-mal größer als bei der standardmäßigen Ermittlung von Emissionen aus der Verbrennung von Erdgas (5 %) und über 4-mal größer als bei der Ermittlung von Emissionen aus Verbrennung von Kohle bzw. Abfall (10 bzw. 12 %). Die Unsicherheit bei der Berechnung von auf die Verwendung von Mineraldünger zurückzuführenden N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden ist gar 40-mal höher als die Unsicherheit der Ermittlung von Emissionen durch Erdgasverbrennung und 20-mal höher als bei der Ermittlung von Emissionen durch Verbrennung von Kohle (EK 2004, EEA 2006). Wenn Emissionen und Emissionsminderungen sich nicht justizabel messen oder berechnen lassen, besteht die Gefahr von Rechtsstreitigkeiten, die die administrative Umsetzung abermals erschweren.

Darüber hinaus ist die Politik auf die Berechnung der Emissionen der Landwirtschaft mithilfe der Formel $\text{Emissionsmenge} = \text{Emissionsfaktor} \cdot \text{Aktivitätsniveau}$ angewiesen. In einem solchen System wäre anrechenbare Emissionsvermeidung jedoch einzelbetrieblich nur über eine Verringerung des Produktionsumfangs oder eine Ausrichtung des Produktionsprogramms auf Aktivitäten mit vergleichsweise niedrigen Emissionsfaktoren möglich. Nicht honoriert würden Maßnahmen, die zu einer Emissionsminderung je Hektar, je Tier oder je Produktein-

heit führen, also Optimierungen der einzelnen Produktionsverfahren im Hinblick auf ihre Treibhausgasemissionen (z. B. sofortige Einarbeitung von Gülle, Phasenfütterung, gasdichte Abdeckung von Güllelagerstätten).

Diesem Mangel könnte theoretisch durch eine Differenzierung der Emissionsfaktoren nach emissionsrelevanten Eigenschaften der einzelnen Produktionsverfahren begegnet werden. So könnten etwa die Emissionsfaktoren für pflanzenbauliche Verfahren danach differenziert werden, ob Gülle sofort nach der Ausbringung eingearbeitet wird, ob teilflächenspezifische Düngungsverfahren eingesetzt werden, ob auf wendende Bodenbearbeitung verzichtet wird etc. Ein solches System würde zwar Anreize zur Adoption emissionsmindernder Maßnahmen in bestehenden Produktionsverfahren schaffen, jedoch würde es an seinem immensen Kontroll- und Überwachungsaufwand scheitern.

3. Reversibilität: Ein wesentlicher Teil der Klimaschutzwirkung des Forst- und Holzsektors resultiert aus der Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre und der langfristigen Bindung von Kohlenstoff im Holz oder im Waldboden. Diese Vorgänge sind jedoch jederzeit reversibel. Holz kann wieder natürlich zersetzt oder im Zuge von Waldbränden oder auch im Rahmen energetischer Verwertung verbrannt werden. Im Boden gespeicherter Kohlenstoff kann wieder mineralisiert werden. Zuvor in einer Senke (nämlich Holz oder Boden) festgelegter Kohlenstoff wird dann wieder emittiert. Daraus ergeben sich für eine mögliche Einbeziehung der Forstwirtschaft in den Emissionshandel zwei spezifische offene Fragen: a) Wie lässt sich die Freisetzung des im Holz gebundenen Kohlenstoffs mit vertretbarem Aufwand erfassen und b) wie lassen sich die Auswirkungen von Kalamitäten dem Handeln der Waldbesitzer einerseits und übergeordneten natürlichen Ursachen andererseits zurechnen?⁸⁶

Die hohen Transaktionskosten, die wegen der Rückzahlungsverpflichtung besonders relevanten Preisrisiken am Zertifikatsmarkt sowie die offene Frage des Umgangs mit Kalamitäten lassen eine Einbeziehung der Forstwirtschaft in den Emissionshandel insgesamt als nicht erfolgversprechend erscheinen.

4. Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Die unilaterale Einführung eines *Cap-and-Trade*-Systems, in dessen Rahmen Landwirte ihre Emissionsberechtigungen käuflich erwerben müssen, würde (insbesondere bei hohen Zertifikatspreisen) zu einer spürbaren Steigerung der Produktionskosten und somit zu einer reduzierten internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen bzw. europäischen Agrarproduktion führen. Angesichts der im Zuge der Liberalisierung der Weltagrarmärkte gestiegenen Nachfrageelastizität für Lebensmittel wäre der Ag-

⁸⁶ Nach der Logik des Emissionsrechtehandels dürften für die Waldbewirtschaftung nur Senkenleistungen angerechnet werden, die vom Menschen verursacht sind. Umgekehrtes kann auch für Emissionen aus der Waldbewirtschaftung in Anspruch genommen werden. Im Fall einer Kalamität, bei der Waldbestände geschädigt werden und Holz abstirbt, müsste nachgewiesen werden, welchen Schaden ein Wald an dieser Stelle erlitten hätte, der vom Menschen nicht oder in einer bestimmten Zeit nicht bewirtschaftet wurde. Es ist naheliegend, dass eine solche Einschätzung in den meisten Fällen sachlich fundiert kaum möglich ist.

rarsektor in einer schlechten Position, gestiegene Produktionskosten an die Verbraucher weiterzugeben. Die Konsumenten könnten verteuerte Produkte durch günstigere Weltmarkterzeugnisse substituieren, deren Produktion keinen oder geringeren Beschränkungen bezüglich THG-Emissionen unterliegt. Schutzzölle gegen solche Erzeugnisse sind nicht WTO-konform bzw. wären kaum administrierbar (s. Kap. 3.2.2). Insofern wäre in einem *Cap-and-Trade*-System damit zu rechnen, dass die finanzielle Belastung an den einheimischen (EU-)Produzenten von Agrarprodukten „hängen bleibt“. Diese Verluste wiegen aus volkswirtschaftlicher Sicht dann besonders schwer, wenn sie sogenannte *Leakage*-Effekte hervorrufen, d. h., wenn der gewünschte klimapolitische Effekt per Saldo gar nicht auftritt: Während sich die produktionsbedingten Emissionen in der regulierten Wirtschaftsregion verringern, kommt es in Ökonomien ohne Emissionsreduktionsverpflichtungen durch Produktionsanstieg zu einem Anstieg der Emissionen. Die Verschiebung der relativen Wettbewerbsposition durch unilaterale umweltpolitische Regulierung kann so das Ziel einer Emissionsreduktion verfehlen oder sogar einen Anstieg der Gesamtemissionen bewirken.

Insgesamt kommen WBAE und WBW zu der Einschätzung, dass die Einbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in den EU-Emissionshandel auf Basis eines *Cap-and-Trade*-Modells keine umsetzbare Politikoption ist. Zum einen wäre der Aufwand einer verlässlichen und für das Funktionieren des Systems ausreichend detaillierten Emissionsmessung auf der Ebene der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe nicht zu vertreten. Zum anderen würde die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Landwirtschaft beeinträchtigt, sodass mit *Leakage*-Effekten zu rechnen wäre.

4.1.3 Überlegungen zu einer projektbasierten Emissionsreduktion (Teileinbeziehung)

Als Alternative zu einer Volleinbeziehung bietet sich die Teileinbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in die Klimaschutzpolitik über ein Baseline-and-Credit-Modell an: Für klar definierte Emissionsminderungsprojekte, die gewissen Zertifizierungskriterien genügen müssen, können Zertifikate generiert und in den Emissionshandel eingespeist werden. Die Ermöglichung projektbasierter Generierung von Emissionszertifikaten in der Land- und Forstwirtschaft führt zu einer anderen Anreizstruktur als im *Cap-and-Trade*-Modell. Die Durchführung eines Emissionsminderungsprojektes ist freiwillig und abhängig von den individuellen Vermeidungs- bzw. Sequestrierungskosten. Sind diese höher als der Preis der Zertifikate, kommt das Projekt nicht zustande.

Voraussetzung für die zielführende Umsetzung solcher Klimaschutzprojekte ist, dass für die betreffende Emissionsquelle eine belastbare nationale Emissionsberichterstattung etabliert sein sollte. Dadurch kann sichergestellt werden, dass alle diese Emissionsquelle betreffenden Entwicklungen erfasst werden, neben den positiven Wirkungen von Projekten auch mögliche negative Entwicklungen auf anderen Flächen (= *Leakage*). Die Projekte mit ihren Flächen und Vermeidungswirkungen sollten in den Inventaren der nationalen Emissionsberichterstattung separat gebucht werden können, um doppelte Anrechnungen ausschließen zu können (z. B. für projekt-

basierte Vermeidungsprojekte für den freiwilligen Markt und die Erfüllung nationaler Mindestverpflichtungen, siehe z. B. Kill 2015).

Im internationalen Emissionshandel des Kyoto-Protokolls existieren bereits allgemeine Projektansätze mit dem *Clean Development Mechanism* (CDM) und der *Joint Implementation* (JI). Die durch ausländische Klimaschutzprojekte generierten Zertifikate sind basierend auf der gesetzlichen Grundlage der Linking-Direktive im EU-Emissionshandel nutzbar. Damit ist es europäischen Staaten möglich, Emissionsreduktionen, die in anderen Ländern erzielt werden, auf die eigene Reduktionsverpflichtung anrechnen zu lassen.

Neben den sich dynamisch entwickelnden projektbasierten Mechanismen des Kyoto-Verpflichtungsmarktes hat sich jenseits staatlicher Regulierung ein freiwilliger Kompensationsmarkt entwickelt. Während auf dem Verpflichtungsmarkt *Certified Emission Reductions* (CER) gehandelt werden, werden auf den freiwilligen Kohlenstoffmärkten *Voluntary Emission Reductions* (VER) gehandelt, also Zertifikate, die nicht unter den Pflichthandel fallen. Zielgruppe sind dabei Unternehmen, die ihre Treibhausgasbilanz ausgleichen oder optimieren wollen. Nach Kern et al. (2010) treten auf den freiwilligen Kohlenstoffmärkten vielfach Unternehmen auf, die nicht dem staatlichen Emissionshandel unterliegen. Auf dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt haben beispielsweise die Moorfutures in den norddeutschen Bundesländern eine gewisse Bedeutung erlangt. Hierbei handelt es sich um Zertifikate je Tonne CO₂-Äq-Vermeidung mittels der Herausnahme von Mooren aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung zum Zwecke des Moorschutzes bzw. alternativer Nutzungen jenseits der Landwirtschaft (z. B. Paludikulturen). So wurden in Mecklenburg-Vorpommern zwischen 2012 und 2015 Moorfutures im Umfang von 11.000 t CO₂-Äq über eine Laufzeit von 50 Jahren sowohl an gewerbliche als auch an private Personen veräußert (Ausgleichsagentur Schleswig-Holstein 2014).

Bisher besteht kein rechtlicher Zusammenhang zwischen den freiwilligen Märkten und dem Verpflichtungsmarkt des Kyoto-Protokolls. Konkret bedeutet dies, dass derzeit keine Möglichkeit besteht, Klimaschutzprojekte des freiwilligen Marktes auf die Reduktionsverpflichtungen eines dem Verpflichtungsmarkt unterliegenden Unternehmens anrechnen zu lassen, wie es bei CDM und JI der Fall ist. Nur wenn die Berechnungssysteme für THG-Minderungen synchronisiert würden, wäre ein solches Vorgehen möglich (s. a. UBA 2013a, b).

Bei nationalen Klimaschutzprojekten handelt es sich um unilaterale Maßnahmenpakete, die innerhalb eines Landes mit verbindlichem Treibhausgasziel durchgeführt werden und auf freiwilliger Basis stattfinden (Betz et al. 2004). Im Vergleich zum *Cap-and-Trade*-Modell dürften die Administrationskosten deutlich niedriger ausfallen. Allerdings wird nur ein mehr oder minder großer Teil der sektoralen Emissionen erfasst, da nur bestimmte Projekte zertifiziert werden und die Teilnahme freiwillig ist.

Für projektbasierte Ansätze gelten ähnliche Voraussetzungen wie für *Cap-and-Trade*-Modelle: Verlässliche Monitoring- und Verifizierungssysteme sind notwendig für eine nachvollziehbare

Überwachung und Dokumentation. Während dies nicht für sämtliche Emissionsquellen, Mitigationsmaßnahmen und Sequestrierungsoptionen möglich ist, erscheint die Quantifizierung von Emissionsminderungen für klar definierte Klimaschutzprojekte (etwa Aufforstungs-, Wald-, Moor- oder Grünlandschutzprogramme) machbar. Auf dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt existieren bereits verschiedene Zertifizierungsstandards wie etwa der *Gold Standard*, der *Carbon Fix Standard* oder der *Verified Carbon Standard*. Der zentrale internationale Standard zur Zertifizierung von Emissionsminderungsprojekten im Bereich der Land- und Forstwirtschaft ist der *Verified Carbon Standard (VCS)*. Zur Zertifizierung von Maßnahmen im Bereich Moorschutz ist der *Verified Carbon Standard Peatland Rewetting and Conservation (VCS PRC)* das zentrale Instrument. Dieser Standard zieht zur Bewertung der Klimaschutzleistung Indikatoren wie Landnutzung (Art und Intensität), Wasserstand, Moorsackung und Vegetation heran. Ein wichtiges Prinzip bei der Zertifizierung von Klimaschutzprojekten ist die Zusätzlichkeit der erzielten Emissionsreduktionen. Diese Zusatzreduktion muss eindeutig auf das zu zertifizierende Projekt zurückzuführen sein. Unter dem VCS-Standard müssen alle THG-Einsparungen grundsätzlich real, messbar, dauerhaft, von unabhängigen Stellen prüfbar, transparent und durch konservative Schätzungen gekennzeichnet sein.

Die Bestimmung der Referenzsituation ist insbesondere für forstwirtschaftliche Projekte aufgrund ihrer langen Produktionszeiten relevant. Die Zusätzlichkeit von Klimaschutzleistungen lässt sich nur auf Grundlage einer solchen Referenz ermitteln. Bei Aufforstungsprojekten ist eine solche Referenz noch relativ leicht zu definieren. Schwierig wird es, wenn zusätzlicher Kohlenstoff durch eine Veränderung der Bewirtschaftung gespeichert werden soll. Im Gegensatz zur landwirtschaftlichen Produktionsplanung, die in der Regel jährlich erfolgt, ist eine glaubhafte Darstellung der Entwicklung der Referenz bei Produktionszeiträumen von mehreren Dekaden nur noch schwer möglich. Welche Ziele spätere Generationen verfolgen, wie die Holzpreise in Zukunft sein werden etc. lässt sich kaum vorhersagen. Solche Informationen sind aber wichtige Bestimmungsgrößen für eine Referenz der Waldbewirtschaftung. Sollen projektbasierte Ansätze erfolgreich sein, müssen sie daher auch mit vergleichsweise pauschalen Setzungen für die Referenzbestimmung durchgeführt werden können.

Wenn die Land- und Forstwirtschaft bei der Bestimmung der Emissionsobergrenze (*Cap*) für den Emissionshandel nicht berücksichtigt wurde und dann projektbasiert „weiße“ Zertifikate durch Emissionsminderungs- oder Sequestrierungsprojekte generiert und in den EU-Emissionsrechtehandel (Verpflichtungsmarkt) einspeist, so führen diese zu entsprechenden Mehremissionen in anderen Wirtschaftssektoren. In diesem Fall sind die volkswirtschaftlichen Effizienzgewinne auf mögliche Einsparungen bei den Vermeidungskosten beschränkt, die sich daraus ergeben, dass der Agrar- und Forstsektor Emissionen zu möglicherweise niedrigeren Kosten vermeiden bzw. Kohlenstoff festlegen kann als die zum Emissionshandel verpflichteten Sektoren. Nur wenn bei der Bestimmung der Emissionsobergrenze bereits antizipiert wurde, dass weiße Zertifikate eingespeist werden oder wenn die Einspeisung weißer Zertifikate damit einhergeht, dass die staatlichen Regulierungsbehörden gleichzeitig Emissionsrechte vom Markt nehmen, führt die projektbasierte Einbeziehung per Saldo zu einer Reduktion von Treibhausgasen.

Unabhängig davon, ob projektbasierte THG-Reduzierungen über den Verpflichtungsmarkt oder den freiwilligen Markt realisiert werden, ergibt sich ein Risiko aus der Möglichkeit sinkender Zertifikatspreise: Bei fallenden Preisen schwindet der Anreiz für die beteiligten Land- und Forstwirte, ihre Klimaschutzmaßnahmen aufrecht zu erhalten. Dies hätte zur Folge, dass ein angestrebtes Emissionsminderungsziel möglicherweise nicht erreicht wird. Denn bei niedrigen Preisen können die Vermeidungskosten der Landwirte nicht mehr durch die Einnahmen aus Zertifikatsverkäufen gedeckt werden.

4.2 Steuern und Abgaben als klimaschutzpolitische Instrumente⁸⁷

Die Funktion von Steuern besteht wesentlich, aber nicht nur, in der Erzielung von Einnahmen für die öffentlich-rechtlichen Gemeinwesen. Neben anderen weiteren bspw. verteilungspolitischen, regionalpolitischen oder branchenpolitischen Zielen kann mithilfe der Steuerpolitik auch gezielt die Verhaltensweise von Wirtschaftssubjekten beeinflusst werden. So können bspw. steuerliche Erleichterungen für Investitionen in bestimmten Bereichen wie dem Umweltschutz die Investitionsstätigkeit in diesen beleben, wohingegen die Besteuerung des Verbrauchs bestimmter Güter auf einen sparsamen Verbrauch hinwirken kann (s. Köhne und Wesche 1995: 26).

4.2.1 Stickstoffabgabe

Im Zusammenhang mit dem Klimaschutz in der Landwirtschaft ist die Diskussion um das fiskalpolitische Instrument der Stickstoffabgabe wieder aufgelebt. In den achtziger und neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde dieses Instrument im Rahmen des Gewässerschutzes diskutiert. Eine künstliche Verteuerung des Stickstoffs würde einen sorgsameren Umgang mit diesem Pflanzennährstoff bewirken – mit der Folge gesteigerter N-Effizienz. Damit würde eine Stickstoffbesteuerung an einer der Hauptquellen von THG-Emissionen der Landwirtschaft ansetzen.

Konkret können Landwirte neben der Reduzierung der Intensität des Mineralstickstoffeinsatzes und komplementärer Vorleistungen (z. B. Pflanzenschutzmittel) in vielfacher Weise auf eine Verteuerung von mineralischem Stickstoffdünger reagieren: etwa durch Substitution von mineralischem Stickstoff durch organisch gebundenen Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern oder Leguminosenanbau, durch Änderung des Anbauprogramms zugunsten düngungsextensiver oder N-fixierender Pflanzen, durch Erhöhung des Ausnutzungsgrades von Wirtschaftsdüngern aufgrund

⁸⁷ Im Weiteren werden die Begriffe Steuer und Abgabe synonym verwendet. Juristisch betrachtet ist Abgabe der Oberbegriff für alle kraft öffentlicher Finanzhoheit zur Erzielung von Einnahmen erhobenen Zahlungen (Steuern, Gebühren, Beiträge). Wirtschaftswissenschaftlich betrachtet wird unter Abgabe häufig eine mit Zweckbindung kraft öffentlicher Finanzhoheit erhobene Zahlung verstanden, während eine Steuer keine solche Zweckbindung aufweist.

ihres gestiegenen Substitutionswertes sowie durch Effizienzsteigerungen bei der Mineraldüngung zur Vermeidung unnötiger Verluste (z. B. teilflächenspezifische Düngung).

In den achtziger und neunziger Jahren ist eine Reihe von Studien entstanden, die versuchten, die Eigenpreiselastizität der Nachfrage nach N-Dünger zu quantifizieren. Die Eigenpreiselastizität der Nachfrage gibt an, um wie viel Prozent die Nachfrage nach N-Dünger sinkt, wenn der Düngerpreis um 1 % steigt. Sie stellt somit ein zentrales Beurteilungskriterium für die Effektivität einer Stickstoffsteuer dar. Eine Zusammenfassung der Arbeiten aus dieser Zeit findet sich bei Weingarten (1996). Die damaligen Arbeiten beruhten sowohl auf Modellkalkulationen, die gewinnmaximierendes Verhalten der Landwirte unterstellen, als auch auf ökonometrischen Schätzungen, die auf Grundlage von ex post beobachtetem Verhalten von Landwirten Aussagen zu treffen versuchten.

Die auf einfachen Produktionsfunktionsmodellen beruhenden Studien zeigten, dass eine Sonderabgabe auf mineralischen N-Dünger sehr hoch sein müsste, um eine spürbare Verringerung des N-Düngereinsatzes zu bewirken (z. B. Langbehn und Stalb 1987, Nicklis 1991). Die Modellergebnisse deuteten darauf hin, dass viele Landwirte eher die Abgabe zahlen würden als den Düngemittelsatz zu verringern, was wiederum zu spürbaren Einkommenseinbußen in den landwirtschaftlichen Betrieben führen würde. Andere Studien, die neben der reinen Düngungsextensivierung auch Änderungen des Produktionsprogramms zugunsten stickstoffeffizienterer Pflanzen berücksichtigten, kamen zu optimistischeren Einschätzungen bezüglich der Wirksamkeit der Steuer. In der Gesamtschau liegen die geschätzten Eigenpreiselastizitäten zwischen -0,1 und -0,8 (Weingarten 1996). Das bedeutet, dass als Folge einer 10%igen Steigerung des Stickstoffpreises die Nachfrage nach Stickstoff (bei Konstanz aller anderen Faktoren) um 1 bis 8 % fallen würde. Diese vergleichsweise große Streuung lässt sich zu einem großen Teil durch die unterschiedliche Berücksichtigung der betrieblichen Anpassungsmöglichkeiten sowie unterschiedliche Verhaltensannahmen erklären. So unterstellen die meisten Studien risikoneutrales Verhalten der Landwirte und vollkommene Information. In der Praxis erfolgt bei der Düngung jedoch oft ein Sicherheitsaufschlag als Ausdruck risikoaversen Verhaltens (Isermeyer 1992). Zudem ist zu bedenken, dass die meisten Studien zu Zeiten der EU-Preisstützungspolitik durchgeführt wurden, also unter Annahme der hohen Produktpreise der achtziger Jahre. Aber auch jüngere Studien, die nach der Liberalisierung der EU-Agrarmärkte durchgeführt wurden, ermittelten Eigenpreiselastizitäten in ähnlicher Größenordnung (z. B. Brännlund und Gren (1999) zwischen -0,3 und -1,2 für verschiedene Wassereinzugsgebiete in Schweden sowie Ingelsson und Drake (1999) -0,3 für die nationale N-Düngernachfrage Schwedens).

Weingarten (1996: 222) kommt zu folgendem Resümee über die Wirksamkeit einer Mineralstickstoffabgabe: „Insgesamt wird daher die häufig vertretene Ansicht, dass erst eine Verdopplung oder Verdreifachung des Stickstoffpreises zu einem spürbaren Nachfragerückgang führt, von der vorgenommenen Literatur nicht erhärtet“. Diese Auffassung wird von Burrell (1989) gestützt.

Trotz der seinerzeit unsicheren Wirkungsprognose haben sich einige (heutige) EU-Länder (Österreich, Schweden, Dänemark, Finnland) und Norwegen bereits Mitte der achtziger Jahre für eine

Stickstoffabgabe entschieden. Die 1986 in Österreich eingeführte Abgabe betrug anfänglich 3,5 ATS (ca. 0,25 €) pro kg Stickstoff und 2 ATS (ca. 0,15 €) je kg P_2O_5 . Im Laufe der Jahre wurde der Abgabensatz fortlaufend erhöht, bis die Abgabe 1994 mit dem EU-Beitritt Österreichs abgeschafft wurde. Zuletzt betrug die Abgabenhöhe 0,47 €/kg N, 0,25 €/kg P_2O_5 und 0,13 €/kg K_2O . Die Abgabe diente ursprünglich primär der Finanzierung von Exporterstattungen für Getreide. Boden- und Gewässerschutz sowie die Schaffung von Anreizen für den Anbau alternativer Früchte (speziell Leguminosen) waren lediglich Nebenziele. Zwischen Einführung und Abschaffung der Abgabe sank der Düngerverbrauch um jährlich 3 %, während die Düngerpreise um insgesamt 10 % stiegen. Nach Hofreither und Sinabell (1998) lässt sich eine so deutliche Reduktion des Düngereinsatzes nur damit erklären, dass die Abgabe das Bewusstsein der Landwirte für Umweltschäden durch den Einsatz von Düngemitteln gesteigert hat. Insofern ging von der Abgabe ein Signaleffekt aus, der über das eigentlich preisinduzierte Maß hinaus zu einem sparsameren Umgang mit Mineraldünger, dem Einsatz von Substituten sowie dem Anbau von Leguminosen motivierte (Nienhaus und Knickel 2004).

In Schweden (Abgabensatz bei Einführung im Jahre 1984 zunächst 5 %, seit Anfang der neunziger Jahre ca. 20 % des Düngerpreises) ist die Nachfrage nach Dünger durch die Abgabe um 15 bis 20 % gesunken (EK 2001). Kaliumdünger wurden, da sie keine negativen Umweltwirkungen verursachen, von der Abgabe ausgenommen. Phosphatdünger werden nach Maßgabe ihres Cadmium-Gehaltes besteuert. Auch in Schweden diente die Abgabe anfangs als Finanzierungsquelle für Exporterstattungen. Erst später kamen Umweltziele hinzu. Die eingenommenen Mittel wurden u. a. zur Finanzierung von Forschungs- und Umweltprojekten verwendet (Wegener und Theuvsen 2010).

Die Studie von Mohlin (2013) ist die erste Arbeit, die die Klimaschutzwirkungen einer Stickstoffabgabe zu quantifizieren versucht. Sie schätzt die durch die Abgabe induzierte Minderung von Lachgasemissionen aus der schwedischen Landwirtschaft auf 160 t/Jahr, was ca. 50.000 t CO_2 -Äq und somit 2 % der schwedischen Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden entspricht. Weiterhin berichtet Mohlin (2013), dass die Stickstoffnutzungseffizienz von 55 % im Jahre 1995 auf 70 % im Jahre 2009 gestiegen ist. Die schwedische Stickstoffabgabe wurde 2010 wieder abgeschafft, um die Landwirte für die Erhöhung der CO_2 -Steuer auf Diesel zu kompensieren (Mohlin 2013).

In den Niederlanden wurde 1998 im Rahmen des MINAS-Programms (*Mineral Accounting System*) eine Abgabe auf einzelbetriebliche Stickstoffüberschüsse eingeführt. Diese mit einem hohen administrativen Aufwand verbundene Abgabe wurde im Januar 2006 wieder abgeschafft (SRU 2015). MINAS erfasste zunächst nur Veredelungs- und Milchviehbetriebe mit mehr als 2,5 GVE/ha. Später wurde seine Anwendung auf alle landwirtschaftlichen Betriebe ausgedehnt (EK 2001). Ziele der Überschussabgabe waren die Effizienzsteigerung des Düngereinsatzes und die Verminderung von Nährstoffüberschüssen. Die Überschussabgabe fiel an, wenn bestimmte abgabenfreie Nährstoffüberschüsse je Hektar und Jahr überschritten wurden (z. B. 180 kg N/ha Grünland und 100 kg N/ha Ackerland im Jahr 2003). Im selben Jahr betrug der Abgabensatz 2,30 €/kg Stickstoffüberschuss und 9,10 €/kg Phosphorüberschuss (Söderholm 2008). Im ersten

Jahr nach der Einführung von MINAS ging der Düngerverbrauch in den Niederlanden um 4 % zurück. Seitdem wurden die abgabenfreien Nährstoffüberschüsse fortlaufend gesenkt und die Abgabensätze erhöht. Im Jahr 2001 lag der Düngerverbrauch 26 % unter dem Niveau von 1996. Die tatsächlichen Umwelteffekte von MINAS in Bezug auf Nitratgehalte in Gewässern sind unklar (Söderholm 2008). Ein signifikanter Effekt wurde jedoch hinsichtlich des Anteils an Milchviehbetrieben festgestellt, die den EU-Grenzwert von 50 mg Nitrat/l einhalten. Dieser Anteil wuchs stetig von 5 % im Zeitraum 1992 bis 1995 über 25 % zwischen 1997 und 1999 auf 40 % im Zeitraum 2000 bis 2002 (Söderholm 2008).

Geringen Einnahmen in Höhe von ca. 7,3 Mio. €/Jahr standen Kosten der staatlichen Administration von 24,2 Mio. € gegenüber. Hinzu kamen Verwaltungskosten in den landwirtschaftlichen Betrieben, die je nach Betriebsverhältnissen auf 220 bis 580 €/Jahr und Betrieb geschätzt wurden (EK 2001, Barunke 2002).

Die Abschaffung von MINAS 2006 war direkte Folge einer Entscheidung des Europäischen Gerichtshofes, nach der das MINAS-Programm nicht zu einer gesicherten Einhaltung der EU-Nitratrichtlinie führe (SRU 2015, Söderholm 2008). Die Niederlande hat seither eine Auflagenpolitik ähnlich dem dänischen System der einzelbetrieblichen Stickstoffquotierung und ist damit von den Stickstoffüberschüssen als Ansatzstelle der Umweltpolitik zur Regulierung des Inputs (Düngereinsatz) zurückgekehrt.

In der Vergangenheit wurde die Einführung einer Stickstoffabgabe auch in Deutschland vielfach diskutiert und von politischen oder politikberatenden Institutionen empfohlen. So forderte der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen bereits 1985 die Einführung einer Stickstoffabgabe in Höhe von 1,50 DM/kg N, verbunden mit flächengebundenen Ausgleichszahlungen (SRU 1985). Das niedersächsische Landwirtschaftsministerium veröffentlichte 1992 konzeptionelle Überlegungen zur Einführung einer zeitlich gestaffelten Stickstoffabgabe in Verbindung mit flächengebundenen Ausgleichszahlungen. Der Steuersatz sollte von anfänglich 0,50 DM/kg N sukzessive erhöht werden, um den Landwirten Zeit zu geben, sich an die veränderten Rahmenbedingungen anzupassen (Agra-Europe 4/92). Auch die Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ (1994) spricht sich für die Einführung einer Mineralstickstoffabgabe zur Reduzierung von Lachgasemissionen mit stufenweiser Erhöhung des Abgabesatzes aus. Ebenso plädierte der WBA (1993) für eine EG-weite Verteuerung des Mineralstickstoffs für den Fall, dass die vom Beirat vorgeschlagenen ordnungsrechtlichen Maßnahmen keine hinreichende Verringerung der Stickstoffbilanzüberschüsse bewirken. Der SRU (2008) empfiehlt in seinem *Umweltgutachten 2008 – Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels* für Deutschland die Einführung einer Abgabe auf Stickstoffüberschüsse der Landwirtschaft als Beitrag zum Klima- und Gewässerschutz. Er argumentiert, dass eine Überschussabgabe effektiver sei als eine Pauschalabgabe auf Stickstoffdünger, obwohl auch letztere in anderen Ländern erfolgreich den Stickstoffeinsatz reduziert habe (s. a. SRU 2015).

Die Wahl zwischen einer Abgabe auf mineralischen Stickstoffdünger oder auf einen Stickstoffüberschuss hat Konsequenzen für die Zielgenauigkeit und die Administrierbarkeit des Instruments. Im ersten Fall können die Düngemittelindustrie und die Düngemittelimporteure als Flaschenhals zur Erhebung der Abgabe genutzt werden. Dadurch ließe sich die Abgabe mit relativ geringem Aufwand administrieren. Sie würde in Form steigender Düngemittelpreise auf die Landwirte überwältigt werden. Steigende Preise würden dazu führen, dass Landwirte weniger Mineraldünger einsetzen oder dass die Hersteller Düngemittel produzieren, die besser von den Pflanzen ausgenutzt werden, und damit zu geringeren Lachgas- und Nitratemissionen führen. Die geringe Zielgenauigkeit einer Abgabe auf mineralischen Stickstoff ergibt sich daraus, dass eine räumliche Differenzierung der Anreizwirkung nicht möglich ist, denn die Steuer würde zu steigenden Düngemittelpreisen im gesamten Bundesgebiet führen und könnte somit nicht auf Regionen mit besonders hohen N-Überschüssen konzentriert werden. Ein weiterer Verlust an Zielgenauigkeit ergibt sich dadurch, dass organischer Stickstoff tierischer Herkunft nicht erfasst würde und somit nur ein geringer Anreiz zur Begrenzung von Stickstoffüberschüssen in viehintensiven Regionen bestünde. In diesen Regionen würde eine Abgabe auf mineralischen N-Dünger allenfalls eine indirekte Wirkung auf Stickstoffüberschüsse entfalten, indem sie den innerbetrieblichen Wert von Stickstoff (unabhängig von seiner Bindungsform) steigert und somit Landwirte zu einem sparsameren Umgang mit Stickstoff veranlasst. Auch aus verteilungspolitischer Sicht könnte eine Abgabe auf mineralischen N-Dünger von der Politik als ungünstig bewertet werden, da sie die Einkommen der Landwirte spürbar belasten könnte und auch solche Betriebe treffen würde, die keine nennenswerten Stickstoffbilanzüberschüsse aufweisen.

Diese Nachteile ließen sich durch eine Abgabe auf einzelbetriebliche Stickstoffbilanzüberschüsse in Anlehnung an das niederländische MINAS-Modell weitgehend vermeiden. Die Abgabe würde einzelbetrieblich auf die Differenz von N-Zufuhr (z. B. über mineralischen und organischen N-Dünger, Zukauf von Futtermitteln oder Gärsubstraten, Anbau von Leguminosen, atmosphärischen Eintrag) und N-Austrag (über tierische und pflanzliche Produkte) erhoben. Eine Überschussabgabe wäre damit deutlich zielgenauer als eine Pauschalabgabe auf mineralische Düngemittel, da sie nach einzelbetrieblicher Verantwortlichkeit differenziert und auch organische Düngemittel mit einbezieht. Außerdem weisen die THG-Emissionen eine engere Korrelation zu den Stickstoffbilanzüberschüssen als zur eingesetzten Mineraldüngermenge auf, wodurch sich im Vergleich zur Pauschalabgabe auf mineralische Düngemittel ein höheres Maß an Zielgenauigkeit ergibt.

Zur Berechnung des einzelbetrieblichen N-Überschusses wäre die Etablierung einer für alle Betriebe verpflichtend anzuwendenden Stickstoffkreislauf-Buchführung erforderlich. Einige der hierfür erforderlichen Daten (insbesondere die Daten zur Flächennutzung und Tierhaltung) könnten dem im Rahmen der heutigen GAP zu stellenden Hauptantrag der landwirtschaftlichen Betriebe für Direktzahlungen entnommen werden. Die fehlenden Daten (z. B. Zukaufmengen von Düngemitteln, Gärsubstraten, Futtermitteln etc.) müssten ergänzt werden und ggf. durch entsprechende Rechnungen und Belege dokumentiert werden. Einige dieser Daten könnten den Jah-

resabschlüssen der landwirtschaftlichen Unternehmen entnommen werden bzw. daraus geschätzt werden.

Der höheren Zielgenauigkeit steht der Nachteil der deutlich höheren Administrationskosten entgegen. Diese ergeben sich zum einen aus der Tatsache, dass die Abgabe auf Ebene der Einzelbetriebe erhoben werden müsste (in Deutschland 284.000 landwirtschaftliche Betriebe). Zum anderen erscheint es angesichts der Komplexität der Stickstoffkreisläufe im landwirtschaftlichen Betrieb unrealistisch, ein nicht manipulierbares System der einzelbetrieblichen N-Bilanzierung zu vertretbaren Kosten zu etablieren und zu betreiben. So wäre zur Kontrolle der einzelbetrieblichen Zukaufmengen an Mineraldünger eine Gegenkontrolle beim Landhandel erforderlich. In Dänemark hat man zur Durchsetzung der dort betriebenen Stickstoffquotierung eine entsprechende Meldepflicht der landwirtschaftlichen Betriebe und der Landhandelsunternehmen etabliert, die letztlich einen Abgleich der gekauften und verkauften Düngermenge auf einzelbetrieblicher Ebene und somit eine vollständige Überwachung der knapp 40.000 Betriebe ermöglichen soll. Die Beiräte halten ein solches System für Deutschland wegen der größeren Anzahl der Betriebe im Vergleich zum Nutzen der höheren Zielgenauigkeit für zu teuer. Die in den Niederlanden gesammelten Erfahrungen mit der Administration von MINAS stützen diese Einschätzung.

4.2.2 Steuerliche Anreize für Klimaschutz durch Waldwirtschaft

Wie in anderen Teilen dieses Gutachtens dargestellt, ist eine nachhaltige Nutzung und Verwendung der forstlichen Biomasse ein wichtiger Bestandteil des Klimaschutzes im Bereich der Forstwirtschaft und Holzverwendung. Daher stellt sich die Frage, inwieweit eine nachhaltige Nutzung, die hohe C-Vorräte im Ökosystem erhält und Holzprodukte einer langlebigen Nutzung zuführt, durch steuerliche Anreize gefördert wird bzw. gefördert werden kann. Betrachtet man die Entwicklung der für die private Forstwirtschaft maßgeblichen steuerlichen Regelungen über den Zeitraum der letzten rund 20 Jahre unter dem Aspekt, ob sie Anreize für eine nachhaltige Holznutzung oder Anreize zur Verbesserung der Betriebsstruktur setzen, so zeigt sich in beiden Bereichen langfristig ein negativer Trend. So wurde z. B. die sog. Betriebsausgabenpauschale für nicht buchführungspflichtige Forstbetriebe (nach § 4 Abs. 3 EStG) 2011 deutlich abgesenkt. Auch bei der Prüfung, ob steuerpolitische Anreize zur Verbesserung der Betriebsstruktur gesetzt werden, lässt sich ein solcher Trend feststellen. Die seit 1963 zulässige sog. „pauschale Waldwertminderung“, die jährlich eine pauschale Absetzung von 3 % des Kaufpreises für das aufstehende Holz zuließ und insofern den Kauf von Waldflächen begünstigte, wurde 1999 gestrichen; auch wurden die Steuersätze der Grunderwerbssteuer, die im Fall von Kauf/Tausch auf den Wert von Boden und Bestand erhoben wird, sukzessive erhöht.

So wurden insgesamt sowohl steuerliche Anreize zur Holznutzung als auch mittelbar für strukturverbessernde Maßnahmen, die bspw. durch Waldverkäufe hin zu aktiven Waldbesitzern ausgelöst werden könnten, reduziert. Abschwächend muss allerdings auch festgestellt werden, dass trotz dieser Entwicklung die nachhaltige Nutzung von Holz im gleichen Zeitraum zugenommen

hat. Dies gilt auch für den Kleinprivatwald (< 20 ha). Eine auf den Kleinprivatwald fokussierte Analyse der Bundeswaldinventur zeigt, dass diese Besitzform zwar nach wie vor weniger Holzzuwachs abschöpft als der Durchschnitt aller Waldbesitzarten. Allerdings stieg die Nutzung relativ zu vorhergehenden Inventurperiode bei den meisten Baumarten im Kleinprivatwald deutlich stärker als im Durchschnitt aller Waldbesitzarten (Hennig 2016). Dies deutet darauf hin, dass entweder die oben beschriebenen Veränderungen der Besteuerung keinen negativen Einfluss hatten, oder dieser durch andere Faktoren überlagert bzw. kompensiert wurde. In diesem Zusammenhang ist in erster Linie an gestiegene Holzpreise sowie die Bemühungen zur Holzmobilität im Kleinprivatwald zu denken.

Anreize für eine nachhaltige Waldnutzung können auch daraus entstehen, dass die Verwendung von Holz steuerlich begünstigt wird. Insbesondere die Verwendung von Holz im Bauwesen hat positive Klimawirkung. Sie resultiert aus der Kombination von Verlängerung der Speicherleistung und stofflichen Substitutionseffekten. Die Berücksichtigung von Aufwendungen für Holzbaumaßnahmen als Sonderausgaben oder Sonderabschreibungen wären klimapolitische Instrumente, die sowohl für private als auch für gewerbliche Bauherren gleichermaßen attraktiv ausgestaltet werden könnten.

Ein anderer Ansatzpunkt wäre, der politischen Benachteiligung der stofflichen Verwendung von Holz in der Konkurrenz mit anderen Materialien wie Stahl, Aluminium oder Beton entgegenzuwirken. Um die Wettbewerbsfähigkeit stromintensiver Unternehmen, die solche Produkte herstellen, im internationalen Wettbewerb zu erhalten, sind diese in nennenswertem Umfang von der EEG-Umlage befreit. Diese Befreiung konterkariert nicht nur die Ziele der Klimapolitik. Sie führt auch zu einem Wettbewerbsvorteil der Produkte dieser Unternehmen gegenüber anderen Produkten, z. B. solchen aus Holz.

4.2.3 Steuern im Konsumbereich

Zusätzlich zu bereits existierenden Verbrauchsteuern (in Deutschland etwa auf Branntwein, Schaumwein, Bier, Kaffee und Tabak) sind in jüngerer Zeit in verschiedenen europäischen Ländern Verbrauchsteuern auf bestimmte Lebensmittel neu eingeführt worden.⁸⁸ Dies steht auch im Zusammenhang damit, dass die neuere verhaltenswissenschaftliche bzw. verhaltensökonomische Forschung zahlreiche Verzerrungseffekte und Fehlwahrnehmungen im menschlichen Verhalten

⁸⁸ Dänemark erhob von 2011 bis 2013 eine Steuer auf Nahrungsmittel mit einem Gehalt von mehr als 2,3 % gesättigten Fettsäuren. Dazu zählen etwa Milch, Fleisch, Käse, Butter, Margarine und Öl. In Ungarn wird seit 2011 eine Steuer auf Lebensmittel erhoben, deren Salz-, Zucker-, Fett- oder Koffeingehalt einen bestimmten Wert übersteigt. Finnland erhebt seit 2011 zusätzliche Steuern auf Süßigkeiten, Schokolade und Eiscreme sowie auf Softdrinks. In Frankreich wird seit 2012 eine Steuer auf Getränke, die Zucker oder Süßstoffe enthalten, sowie seit 2013 eine Steuer auf Energy-Drinks erhoben, in Deutschland seit 2004 eine Steuer auf Alcopops.

aufgezeigt hat, die zu einer verstärkten Debatte um paternalistische Beeinflussungen des Verbraucherhandelns geführt haben (Thaler und Sunstein 2008).

In einem marktwirtschaftlichen System mit grundsätzlicher Konsumentensouveränität sind Eingriffe in die Entscheidungsfreiheit des Individuums begründungsbedürftig. Begründet werden diese Eingriffe zumeist mit den negativen gesundheitlichen Wirkungen des Konsums entsprechender Produkte (s. z. B. Meier et al. 2015). Im Hinblick auf den Klimaschutz können Verbrauchsteuern aber auch als ein Instrument zur Internalisierung negativer externer Effekte des Konsums dienen. Mit dem Ziel des Klimaschutzes schlägt z. B. der dänische Ethikrat eine Steuer auf Rindfleisch vor. Negative externe Effekte des Konsums liegen vor, wenn die Konsumententscheidung eines Einzelnen negative Auswirkungen auf nicht am Marktgeschehen beteiligte Dritte hat und diese nicht kompensiert werden. Dies ist beim Konsum von Lebensmitteln, bezogen auf die damit verbundenen THG-Emissionen, typischerweise der Fall.

Es gibt deutlich weniger Arbeiten über Potenziale und Probleme von Lenkungssteuern auf der Konsum- als auf der Produktionsseite. Allerdings wurden in den USA und in Großbritannien neue Forschungs- und Beratungseinheiten aufgebaut, die sich mit Steuerungsoptionen durch Veränderungen der Entscheidungsarchitektur (*Nudging*) und anderen Formen weicher Beeinflussungsmaßnahmen beschäftigen (s. Kap. 4.7 für eine weitere Ausführung dieser Instrumente). Im Bundeskanzleramt wurde eine Arbeitsgruppe „Wirksam Regieren“ eingerichtet, die ebenfalls auf verhaltenspsychologische Konzepte ausgerichtet ist. In diesem Zusammenhang wird in Politik wie Wissenschaft das Instrument der Konsumsteuern in jüngerer Zeit verstärkt diskutiert.

Zentrale Fragestellungen, die sich an das Instrument der Konsumsteuern richten, betreffen:

1. Die Wirksamkeit des Instrumentes (Frage nach der langfristigen Preiselastizität der Nachfrage nach bestimmten Produkten)
2. Fragen der sozialen Gerechtigkeit von Verbrauchsteuern, da diese einkommensschwache Personen relativ stärker belasten, besonders wenn der Konsum von Grundbedarfsgütern wie Lebensmittel besteuert wird
3. Die Steuerakzeptanz bzw. Fragen der politischen und rechtlichen Durchsetzbarkeit
4. Umsetzungsbarrieren, insbesondere Fragen der administrativen Kosten
5. Negative Effekte auf die Angebotsseite, insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs)

Zur Frage nach der Wirksamkeit von Konsumsteuern: Konsumsteuern sind generell in der Lage, den Konsum von Produkten nachhaltig sowie in relevantem Ausmaß zu senken (Thow et al. 2014, Niebylski et al. 2015). Analysen liegen insbesondere zur gesundheitsmotivierten Alkohol- und Tabakbesteuerung (Gallet 2007, Waagenar et al. 2009, Blakely et al. 2015) sowie zu Süßigkeitensteuern (Escobar et al. 2013, Long et al. 2015) vor. Diese deuten auf entsprechende Lenkungswirkungen hin, wobei besonders auf die synergistischen Wirkungen bei einer Kombination von Steuern und weiteren Instrumenten verwiesen wird (Levy et al. 2012).

Die Frage nach der Wirksamkeit einer Konsumsteuer lässt sich in der (Eigen-) Preiselastizität der Nachfrage ausdrücken, d. h. dem Prozentwert, um den die Nachfrage nach einem Erzeugnis sinkt (steigt), wenn der Preis um 1 % angehoben (reduziert) wird. Metaanalysen ermittelten Preiselastizitäten bei Tabakwaren. Alkohol und Süßigkeiten liegen demnach bei -0,8 (Bier)⁸⁹ bis -1,1 (Wein, Schnaps) in Gallet (2007) bzw. bei -0,5 (Bier), -0,7 (Wein) und -0,8 (Spirituosen) in Wagenaar et al. (2009). Für Süßigkeiten wurde eine Preiselastizität von -1,2 ermittelt (Long et al. 2015). Levy et al. (2012) weisen differenzierte Preiselastizitäten für verschiedene Altersgruppen bei Tabakwaren auf. Die Autoren geben für die Zielgruppe der unter 18-Jährigen eine Preiselastizität von -0,4 an, während über 34-jährige Raucher nur noch eine Preiselastizität von -0,1 aufweisen. Es ist auch für Lebensmittel aufgrund von Habitualisierungseffekten plausibel, dass Lenkungssteuern bei älteren Zielgruppen eine geringe Lenkungswirkung erzielen.

Die Eigenpreiselastizitäten für tierische Produkte sind grundsätzlich im Vergleich zu anderen Produkten hoch: Thiele (2008: 262f) weist in einer umfangreichen Studie auf Basis der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2003 für Fleisch- und Fleischprodukte Eigenpreiselastizitäten von -1,02 sowie für Milch und Milchprodukte von -1,00 aus (zum Vergleich: Obst -0,8, Gemüse -0,55, s. a. Tab. 4.1, Szenario 2). Es gibt beachtliche produktspezifische Unterschiede, von Rindfleisch (-0,5) bis Wurst (-0,9). Eine Studie von Schröck (2013) auf Basis der GfK-Paneldaten von 2004 bis 2008 kommt zu Elastizitäten in ähnlicher Größenordnung. Nach Schmitz et al. (o. J.) liegen die Eigenpreiselastizitäten für Milchprodukte zwischen -0,42 (Quark) und -1,27 (Butter), Milch, Joghurt sowie Hart- und Schnittkäse liegen mit ca. -0,6 dazwischen.

Die obigen Werte für Fleisch und Milch liegen in den Größenordnungen, die auch für andere Industrieländer ausgewiesen werden (Schröck 2013, Bonnet et al. 2016). Etwas geringere Elastizitäten in der Größenordnung von -0,5 für Milch und Milchprodukte weisen Wocken et al. (2008) auf Basis von Berechnungen während einer Hochpreisphase von Milch auf. Säll und Gren (2012) berechnen für Schweden für Fleisch ebenfalls Werte um -0,5. Es gibt aber auch Schätzungen für Deutschland in einer Arbeit über die Wirkung von Konsumsteuern, die niedrigere Werte aufzeigt: für Fleisch- und Fleischprodukte -0,37 und für Milch- und Milchprodukte -0,19 (Effertz und Adams 2014, s. Tab. 4.1 Szenario 1). Diese Werte sind nicht unplausibel, wenn man davon ausgeht, dass langfristige Preiselastizitäten aufgrund von Gewöhnungseffekten voraussichtlich etwas niedriger ausfallen als diejenigen, die in den meisten Arbeiten auf Basis der üblichen periodischen Preisschwankungen gemessen werden. Insgesamt ist der Stand der empirischen Forschung unbefriedigend, sodass in Tabelle 4.1 zwei gegensätzliche Szenarien berechnet werden, um die Spannweite möglicher Folgen abzudecken.

⁸⁹ Das heißt, bei einer Preissteigerung für Bier von 1 % sinkt die Nachfrage um 0,8 %.

Tabelle 4.1: Beispielhafte Darstellung des Einflusses verschiedener Nachfrageelastizitäten (Szenarien 1 und 2) auf die Auswirkungen einer Anhebung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte von aktuell 7 % auf den Regelsatz von 19 %

	Fleisch, Fleisch- waren	Milch, Milch- pro- dukte	Eier, Eier- erzeug- nisse	Fisch, Fisch- waren	Butter, Speise- fette, Öle tierischen Usprungs	Konsum tierische Produkte in Haushalten	MwSt.	Verzehr von Speisen/Geträ- nken außer Haus, warme Fertiggerichte	MwSt.
Ausgaben € pro Haushalt und Jahr ^e	586	357	82	95	52	1.172		1025	
Anzahl Haushalte Mio.	39	39	39	39	39	39		39	
Ausgaben Mio € pro Jahr	23.394	14.240	3.275	3.778	2.068	46.755	3.059	40.904	
Derz. Außer-Haus MWSt. konsumierte 7% Lebensmittel tier. Herkunft ^b (Mio. €/Jahr)								12.271	803
Effektive Preiserhöhung in % durch Anhebung MwSt von 7 % auf 19 %	11,215	11,215	11,215	11,215	11,215			11,215	
Nachfrageelastizitäten (Szenario 1) ^c	-0,37	-0,19	-0,20 ^a	-0,30 ^a	-0,12			-0,24 ^a	
Nachfrageelastizitäten (Szenario 2) ^d	-1,02	-1	-0,70 ^a	-1,05 ^a	-0,42 ^a			-0,84 ^a	
Nachfragerückgang % Szenario 1	-4,15	-2,13	-2,24	-3,36	-1,35			-2,65	
Nachfragerückgang % Szenario 2	-11,44	-11,22	-7,85	-11,8	-4,71			-9,4	
Ausgaben nach MwSt- Erhöhung (Szenario 1) Mio.	24.938	15.499	3.560	4.060	2.269,40	50.327,30	8.035	13.286	2.121
Ausgaben nach MwSt- Erhöhung (Szenario 2) Mio.	23.042	14.060	3.356	3.707	2.192	46.357	7.402	12.365	1.974
Steuermehrereinnahmen (Szenario 1) Mio. €							<u>4.977</u>		<u>1.319</u>
Steuermehrereinnahmen (Szenario 2) Mio. €							<u>4.343</u>		<u>1.171</u>

Anm.: ^a Geschätzter Wert, keine Daten verfügbar, ^b geschätzter Anteil am Gesamtwert: 30 %, ^c Nachfrageelastizität nach Effertz und Adams (2014), ^d unkompensierte Eigenpreiselastizität nach Thiele (2008), ^e Einkommens- und Verbrauchsstichprobe Aufwendungen privater Haushalte (Statistisches Bundesamt 2008).

Quelle: Eigene Berechnungen, basierend auf den angegebenen Quellen.

Der Einfluss der Elastizitäten ist in Tabelle 4.1 beispielhaft dargestellt. Elastizitäten von ca. -0,2 würden bei einer Erhöhung der Mehrwertsteuer von 7 auf 19 % zu Nachfragerückgängen von ca. 2 bis 3 % führen, wohingegen die Nachfrage bei Elastizitäten von ungefähr -1 zu ca. 10%igen Nachfragerückgängen führen würde. Die Steuereinnahmen würden sich, je nach angenommener Elastizität pro Jahr um 4,3 Mrd. € bis 5,0 Mrd. € (Konsum tierischer Produkte im Haushalt) und 1,2 bis 1,3 Mrd. € (Außer-Haus-Verzehr) erhöhen. Eine Steuer auf tierische Produkte würde damit spürbare Lenkungswirkungen entfalten.

Preisänderungen für tierische Produkte haben zudem Auswirkungen auf die Nachfrage nach anderen Produkten (Kreuzpreiseffekte). So zeigen verschiedene Studien, dass die Verbraucher Preissteigerungen bei bestimmten Produkten nicht nur kompensieren, indem sie auf andere Produkte ausweichen („Substitution“, also positive Kreuzpreiselastizitäten⁹⁰), sondern auch, indem sie den Konsum von anderen Lebensmitteln wie Gemüse und Obst einschränken (negative Kreuzpreiselastizitäten). Bei der Ermittlung der Wirksamkeit einer Konsumsteuer auf die THG-Emissionen sind die gesamten Nachfrageänderungen zu berücksichtigen (s. Epstein et al. 2012, Smith 2012).

Zu Fragen der sozialen Gerechtigkeit von Verbrauchsteuern: Insofern Lebensmittel besteuert werden, deren Konsum bei heutigem Konsumniveau mit negativen gesundheitlichen Effekten verbunden ist, wirkt sich die Reduktion des Konsums potenziell positiv auf die von der Steuer besonders stark betroffenen Personen(gruppen) aus. Etwas anders ist die Situation beim Klimaschutz, bei denen Lenkungssteuern in Präferenzen zugunsten gesellschaftlicher Ziele eingreifen. Hier bedeutet die Tatsache, dass bestimmte (einkommensschwache) Personengruppen besonders stark auf die Steuer reagieren (müssen), dass diese Personengruppen stärker zum gesamtgesellschaftlichen Ziel der Steuer beitragen (müssen) als andere Gruppen. Konsumsteuern auf bestimmte klimaproblematische (Grund-)Nahrungsmittel wie z. B. tierische Produkte werfen damit in mehrfacher Hinsicht soziale Fragen auf: Erstens könnten sie von sozial schlechter gestellten Bürgern als ungerecht bewertet werden, da die Umsetzung ihrer Präferenzen verteuert würde, während reiche Haushalte größere Verhaltensspielräume aufweisen. Dieses Argument der unterschiedlichen Preiselastizität verschiedener Haushalte ist zutreffend. Allerdings zeigen Studien auch, dass informationspolitische Instrumente der Konsumpolitik (staatliche Aufklärungsmaßnahmen) typischerweise eher bei besser ausgebildeten Gruppen greifen (*Knowledge-Gap-Hypothese* der Verbraucherpolitik; Viswanath und Finnegan 1996), sodass bei einer geschickten Kombination der Instrumente alle sozialen Gruppen beeinflusst werden können. Zudem sollte, wenn immer möglich, versucht werden, Synergien zwischen Gesundheitsförderung und Klimaschutz zu erreichen, sodass für die besonders stark von der Steuer betroffenen Personengruppen

⁹⁰ Der Begriff der Kreuzpreiselastizität beschreibt, um wie viel Prozent die Nachfrage nach einem Produkt B steigt, wenn sich der Preis eines Produktes A ändert. Führen Preissteigerungen von A zu einem Anstieg der Nachfrage nach B, ist die Kreuzpreiselastizität positiv. A und B stellen Substitute da. Beispielsweise wäre zu erwarten, dass eine Preissteigerung bei Fleisch zu einem Anstieg der Nachfrage nach Fleischersatzprodukten führt. Führen Preissteigerungen von A zu einer Senkung der Nachfrage nach B, ist die Kreuzpreiselastizität negativ (Komplemente).

positive Synergieeffekte erzielt werden. Brigg et al. (2016) gehen davon aus, dass entsprechende Synergien für viele Lebensmittel vorliegen. Ganz umgehen lässt sich der Effekt, dass wohlhabende Haushalte der Lenkungswirkung besser entgegen können, aber nicht. Allerdings trifft dieses Argument auch auf die Internalisierung externer Kosten auf der Produzentenseite zu und wäre nur durch Verbote oder Kontingente zu umgehen, die in einer Marktwirtschaft keine Alternative darstellen.

Ein weiteres sozialpolitisches Argument gegen Konsumsteuern liegt in möglichen ungünstigen Substitutionsprozessen der Haushalte. Mit der Besteuerung von Alcopops wurde z. B. der Kauf der einzelnen Zutaten wie hochprozentiger Alkoholika attraktiver. Wenn tierische Erzeugnisse teurer würden, könnte dies möglicherweise den Konsum von günstigen Lebensmitteln mit hohem Sättigungseffekt, z. B. preiswerten, sehr fetthaltigen Wurstwaren oder stark zuckerhaltigen Produkten, in sozial schwachen Haushalten erhöhen (Kehlbacher et al. 2016). Mögliche negative Substitutionsbeziehungen (Kreuzpreiselastizitäten) sind nicht immer offensichtlich und auch empirisch schwer zu berechnen. Hier sind ein gutes Monitoring von Politikwirkungen und ein stufenweises Vorgehen sinnvoll.

Ein drittes sozialpolitisches Argument gegen Konsumsteuern betrifft deren einkommensschmälernden Effekt auf sozial schwache Gruppen. Dieser tritt ein, wenn den Haushalten für die durch die Steuer dann teureren Lebensmittel keine adäquaten günstigeren Substitute zur Verfügung stehen, wenn also etwa die Haushalte (z. B. aufgrund fehlender Angebote oder aufgrund mangelnden Wissens bzw. mangelnder Zeit) nicht in der Lage sind, sich mittels pflanzlicher Eiweißquellen billiger zu ernähren. In diesem Fall führt die Preiserhöhung für tierische Produkte dazu, dass der Haushalt einen größeren Teil seines Einkommens für Grundnahrungsmittel ausgeben muss als ohne die Steuer oder ggf., wenn er nicht in der Lage ist, sein Budget für Grundnahrungsmittel zu erhöhen, weniger Lebensmittel erwerben kann. Aus Gerechtigkeitsperspektive kann also gegen solche Steuern eingewandt werden, dass sie arme Bevölkerungsschichten, die einen überproportional hohen Anteil ihres Einkommens für Lebensmittel ausgeben, besonders stark belasten und daher sozial ungerecht seien (regressive Wirkung, Säll und Gren 2015). Notwendig sind dann zielgerichtete Kompensationen, z. B. durch eine Erhöhung des Lebensmittelsatzes bei der Sozialhilfe. In diesem Sinne können die durch solche Steuern erzielten Einnahmen auch dafür verwendet werden, eine gesunde Ernährung für Haushalte mit geringem Budget erschwinglich zu machen (de Schutter 2013), z. B. durch eine kostenlose Gemeinschaftsverpflegung für Kinder. Solche Kompensationsmaßnahmen sind auch deshalb sinnvoll, weil neue Lenkungssteuern nicht die Steuerlast der Bevölkerung insgesamt erhöhen sollten, also im Regelfall einkommensneutral gestaltet werden sollten.

Zur Steuerakzeptanz und rechtlichen Durchsetzung: Steuererhöhungen sind grundsätzlich beim Wähler unpopulär. Die vorliegenden Erfahrungen z. B. hinsichtlich der Erhöhung der Kraftstoffsteuer zeigen, dass dies für größere Anhebungen von Konsumsteuern, die merklich in individuelle Präferenzen eingreifen, in besonderem Maße zutrifft. Bei einer Langfristthematik wie dem Klimaschutz spricht daher vieles für schrittweise, langfristige geplante Erhöhungen, die durch kommuni-

kative Maßnahmen vorzubereiten und anzukündigen sind. So hat Neuseeland eine Tabaksteuer eingeführt, die zwischen 2011 und 2031 jährlich um 10 % ansteigt (Blakely et al. 2015). Weiterhin zeigen Forschungsarbeiten, dass Konsumsteuern besser akzeptiert werden, wenn der Name der Steuer den gesellschaftlichen Zweck klar zum Ausdruck bringt, was bei der Bezeichnung einer Steuer berücksichtigt werden sollte.

Lenkungssteuern sind verfassungsrechtlich zulässig, müssen jedoch Grenzen beachten. § 3 Abs. 1 Hs. 2 Abgabenordnung unterstreicht, dass auch ein außerfiskalischer Zweck wie der Klimaschutz Hauptzweck einer Steuer im verfassungsrechtlichen Sinne sein kann (BVerfGE 16, 147 (161); BVerfGE 36, 66 (70 f.); BVerfGE 38, 61 (80); BVerfGE 84, 239 (274), BeckOK GG/Kube GG Art. 105 Rn. 6, beck-online). Steuererhöhungen mit einem vorrangigen Lenkungsziel weichen aber vom Leistungsfähigkeitsprinzip ab. Dieses Prinzip, wonach jeder nach Maßgabe seiner individuellen ökonomischen Leistungsfähigkeit zur Finanzierung staatlicher Leistungen beitragen soll, definiert als Grundregel das Gebot der Steuergerechtigkeit. Lenkungssteuern orientieren sich nicht nach der Leistungsfähigkeit des einzelnen und bedürfen daher eines verhältnismäßigen sachlichen Grundes, um sie im Lichte der Gleichheits- und Freiheitsgrundrechte (Art. 3 Abs. 1, Art. 12 Abs. 1 und Art. 14 Abs. 1 GG) besonders zu rechtfertigen (BVerfGE 93, 121 (147); BVerfGE 110, 274 (293); BVerfGE 117, 1 (32); BVerfGE 121, 108 (120); BVerfGE 122, 210 (231 f.); BVerfGE 135, 126 (151); BVerfGE 137, 350 (367); BVerfGE 138, 136 (181 f.); Selmer 1972, Wernsmann 2005, BeckOK GG/Kube GG Art. 105 Rn. 9, beck-online). Daher ist es zwingend, dass der Gesetzgeber den Lenkungszweck erkennbar und ausreichend bestimmt definiert (BVerfGE 93, 121 (147); BVerfGE 99, 280 (296); BVerfGE 105, 73 (112 f.); BVerfGE 110, 274 (293); BVerfGE 122, 210 (232)). Die Lenkungssteuer darf des Weiteren die Kohärenz des bestehenden sachgesetzlichen Regelungsregimes nicht durchbrechen (BVerfGE 98, 83 (98); BVerfGE 98, 106 (118 ff.)). Eine weitere Grenze bildet das Verhältnismäßigkeitsprinzip: Die Verschärfung muss sich auf das erforderliche Mindestmaß beschränken.

Zur Frage der administrativen Kosten bzw. des Kosten-Nutzen-Verhältnisses von Konsumsteuern: Gegen Verbrauchsteuern könnte der mit ihnen verbundene administrative Aufwand sprechen. Dieses Argument ist für Vorschläge, Steuern auf Basis des *CO₂-Footprints* zu erheben, einschlägig, insofern die Bestimmung des *CO₂-Footprints* für Lebensmittel einerseits mit erheblichen Ungenauigkeiten einhergeht sowie andererseits sehr aufwändig ist (vgl. Kap. 4.8.1.2). Es müssen daher einfache Berechnungsmodi oder Ansätze gefunden werden. So wird unter Klima- und Umweltaspekten z. B. vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 2012) eine Angleichung der Mehrwertsteuersätze für tierische Produkte auf den allgemeinen Mehrwertsteuersatz empfohlen.

Zur Wirkung auf kleinere und mittelgroße Unternehmen: Verbrauchsteuern führen zu negativen ökonomischen Auswirkungen v. a. auf Unternehmen mit einem engen Produktportfolio. Neben einem höheren Verwaltungsaufwand und zu erwartenden geringeren Umsätzen, mit denen Unternehmen aller Größen zu rechnen haben, ist es für kleine und mittlere Unternehmen in der Regel besonders schwierig, die Umsatzeinbußen durch Anpassung ihrer Produktlinien zu kom-

pensieren, da sie typischerweise über weniger Geschäftsfelder verfügen und dementsprechend schwerer Verlagerungen in andere Produktfelder vornehmen können. Dieser Effekt trifft allerdings auf Pigou-Steuern⁹¹ auf der Angebotsseite (s. Kap. 4.2.1) genauso zu und führt zu der Forderung nach berechenbarer Politik und angemessenen Übergangsfristen.

Die Einführung einer Lenkungssteuer auf tierische Produkte wird in der internationalen Forschung in jüngster Zeit stark diskutiert, zumeist wird allerdings nur Fleisch betrachtet, z. T. wird Rindfleisch besonders in den Fokus gerückt (Bonnet et al. 2016). Die Einschätzungen zur Wirksamkeit des Instrumentes sind im Allgemeinen positiv, wobei unterschiedlichste Varianten berechnet werden und die zugrunde liegenden Preiselastizitäten erstaunlich stark variieren. Zunehmend diskutiert werden Gerechtigkeitswirkungen und Gesundheitseffekte. Fiskalische Instrumente beeinflussen das Verhalten sozial schwächerer Zielgruppen besonders stark. Dagegen erreichen Informations- und Bildungsinstrumente sozial schwache bzw. geringer gebildete Zielgruppen kaum. Beide Instrumentengruppen könnten daher komplementär eingesetzt werden. Steuern auf Lebensmittel sollten aufgrund komplexer Substitutionsbeziehungen und der Gefahr nicht-intendierter Nebeneffekte sorgfältig konzipiert und mit begleitenden Maßnahmen abgestimmt werden. Klimapolitisch motivierte Produktsteuern sollten, wenn möglich, kompatibel zu gesundheitspolitischen Zielen ausgerichtet werden. Gerade weil fiskalische Instrumente greifen, beeinflussen sie auch die Produkthanbieter, und dies umso stärker, je spezialisierter diese auf bestimmte Erzeugnisse sind, sodass diese Instrumente nur mit längerfristigem Vorlauf umgesetzt werden sollten. Schließlich sollten Lenkungssteuern aufkommensneutral gestaltet sein, und eine Klimaschutzsteuer auf Lebensmittel sollte durch Maßnahmen begleitet werden insbesondere auch zur Unterstützung einer gesunden Ernährung sozial schwacher Gruppen, etwa durch Verbesserungen in der Kita- und Schulverpflegung für diese Gruppen. Schließlich finden sich sehr wenige Arbeiten zur Steuerakzeptanz im politischen Prozess und durch die Destinatäre (d. h. die von der Steuer betroffenen Personen), obwohl Arbeiten zeigen, dass den Verbrauchern die Klimarelevanz z. B. von tierischen Produkten kaum bekannt ist (de Boer et al. 2016).

4.3 Ordnungsrechtliche Instrumente

Ordnungsrechtliche Instrumente schreiben bestimmte Standards oder Klimaschutzmaßnahmen verbindlich vor und sanktionieren mögliche Verfehlungen. In Deutschland ist das Ordnungsrecht eines der Hauptinstrumente der Umweltpolitik. In der Regel sind ordnungsrechtliche Maßnahmen von den Land- und Forstwirten im Rahmen der Sozialbindung des Eigentums entschädigungslos hinzunehmen. Bestehende Verordnungen könnten im Hinblick auf Klimaschutzbelange in den Grenzen der Verhältnismäßigkeit geschärft und ggf. ergänzt werden. Diesbezüglich sind an verschiedener Stelle konkrete Vorschläge gemacht worden. So haben sich der WBA, der Wissen-

⁹¹ Als Pigou-Steuer wird eine Lenkungssteuer bezeichnet, mit der negative externe Effekte einzelwirtschaftlicher Aktivitäten internalisiert werden.

schaftliche Beirat für Düngungsfragen sowie der Sachverständigenrat für Umweltfragen in ihrer gemeinsamen Kurzstellungnahme zur anstehenden Novellierung der Düngeverordnung für Verschärfungen in den Bereichen Nährstoffbilanzierung und Düngungsmanagement ausgesprochen (WBA, WBD und SRU 2013). Zu den zentralen Empfehlungen im letztgenannten Bereich zählen eine Verlängerung der Sperrfristen zur Ausbringung von organischen Düngemitteln, die Ausweitung der Mindestlagerkapazitäten sowie die Verschärfung der Anforderungen an die Ausbringungstechnik und Einarbeitung von organischen Düngemitteln (s. Kap. 3.2.4). Bereits gegenwärtig gelten Pflugverbote von Grünlandflächen in Flora-Fauna-Habitat-Gebieten, geschützten Lebensräumen nach § 30 BNatSchG und ausgewiesenen Naturschutzgebieten.

Während solche Maßnahmen sich sowohl positiv auf Gewässerschutz- als auch auf Klimaschutzziele auswirken, bleiben sie im Hinblick auf den Klimaschutz Stückwerk. So gibt es auch außerhalb der genannten Gebietskulissen große zusammenhängende Moor- und Feuchtgrünlandflächen, deren Erhalt aus Klimaschutzsicht geboten wäre. Pro Hektar können durch die Wiedervernässung intensiv genutzter Standorte zwischen 20 und 40 t CO₂-Äq/ha/Jahr eingespart werden (s. Kap. 5.2.1.1). Eine konsistente und umfassende Moor- und Grünlandschutzpolitik wäre daher zielführender. Die C-Speicherfunktion von Mooren kann allerdings nur bei nahezu vollständiger Vernässung (mittlerer Jahreswasserstand um 10 cm unter Geländeoberfläche) wieder hergestellt werden (s. Kap. 5.2.1.1).⁹² Bei diesen Wasserständen ist mit der aktuellen Technik die Nutzung der Standorte für die üblichen landwirtschaftlichen Kulturen nahezu ausgeschlossen. Gleichzeitig ist die Umsetzung einer Wiedervernässung nur praktikabel und effektiv, wenn man diese in einer mehr oder weniger geschlossene Gebietskulisse durchführt. Aus den genannten Gründen stellt die Wiedervernässung von Mooren ein sehr gutes Beispiel dar, um ordnungsrechtliche Instrumente zur Umsetzung von Klimaschutz in der Landnutzung zu diskutieren.

Ausgehend vom höchstrichterlich anerkannten Gedanken der Pflichtigkeit des Eigentums kraft Situationsgebundenheit wären solche Beschränkungen, soweit sie vom Gesetzgeber konkretisiert werden, als Inhalts- und Schrankenbestimmungen entschädigungslos hinzunehmen, obwohl sie zu erheblichen Einkommensverlusten führen können (Maunz/Dürig/Papier GG Art. 14 Rn. 385-397, beck-online). Der Gesetzgeber muss aber bei der Bestimmung von Inhalt und Schranken des Eigentums im Sinne von Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG die schutzwürdigen Interessen des Eigentümers und die Belange des Gemeinwohls (hier des Klimaschutzes) in einen gerechten Ausgleich und ein ausgewogenes Verhältnis bringen. Beschränkungen der Eigentümerbefugnisse dürfen nicht weiter gehen, als der Schutzzweck reicht, dem die Regelung dient. Der Kernbereich der Eigentumsgarantie darf dabei nicht ausgehöhlt werden. Zu diesem gehört sowohl die Privatnützigkeit, also die Zuordnung des Eigentumsobjekts zu einem Rechtsträger, dem es als Grundlage privater Initiative von Nutzen sein soll, als auch die grundsätzliche Verfügungsbefugnis über den Eigentumsgegenstand (BVerfGE 70, 191 (200); 79, 174 (198); 87, 114 (138 f.); 91, 294 (308); 100, 226). Entschei-

⁹² Allerdings lässt sich auch durch eine Extensivierung der Nutzung ein gewisser Minderungseffekt erzielen.

dend ist die Frage, welche privatnützigen Verwendungsarten dem landwirtschaftlichen Grundeigentümer nach der gesetzgeberischen oder planerischen Einwirkung unter Berücksichtigung der Lage und Ortsgebundenheit des Grundstücks verbleiben und ob die möglichen Verwendungen noch als sinnvoller, ökonomisch vertretbarer privatnütziger Eigentumsgebrauch verstanden werden können. (Maunz/Dürig/Papier GG Art. 14 Rn. 409). Kann eine solche privatnützige Verwendungsart nicht mehr festgestellt werden und sind dadurch ganze land- oder forstwirtschaftliche Betriebe in ihrer Existenz gefährdet, ist die Grenze der entschädigungsfrei zulässigen Sozialbindung überschritten. Dies ist indes nicht der Fall, wenn von mehreren, nach Lage der Dinge möglichen privatnützigen Verwendungsarten nur eine künftig rechtlich ausgeschlossen ist oder nur eine verbleibt. Im Falle der Vernässung besteht die Möglichkeit, dass im Einzelfall die dargelegten Grenzen überschritten werden, sodass die gesetzliche Regelung unwirksam wäre (BVerfGE 52, 1 (27 f.)). Seit der Nassauskiesungsentscheidung⁹³ wären daher diese Beschränkungen oder Belastungen rechtswidrig und könnten nur im Wege des Primärrechtsschutzes abgewehrt werden. Zu einem Entschädigungsanspruch führen sie nach der Verfassung nicht (vgl. BVerfGE 58, 300, (320)). Das BVerfG erkennt aber in Ausnahmefällen an, dass Inhalts- und Schrankenbestimmungen, die für sich genommen unzumutbar wären, ausnahmsweise mit dem Eigentumsgrundrecht nach Art. 14 Abs. 1 GG im Einklang stehen können, wenn sie vom Gesetzgeber mit Ausgleichsmaßnahmen verbunden sind. Ein derartiger Härtefall kann hier angesichts der Bedeutung der Vernässung zur Erreichung der Klimaschutzziele angenommen werden. Entscheidend ist, dass der Gesetzgeber durch kompensatorische Vorkehrungen unverhältnismäßige oder gleichheitswidrige Belastungen des Eigentümers vermeidet und schutzwürdigem Vertrauen angemessen Rechnung trägt (vgl. BVerfGE 58, 137 [149 f.]; 79, 174 [192]; 83, 201 [212 f.]). Durch einen solchen Ausgleich kann in bestimmten Fallgruppen die verfassungsrechtliche Zulässigkeit einer sonst unverhältnismäßigen oder gleichheitswidrigen Inhalts- und Schrankenbestimmung im Sinne von Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG herbeigeführt werden.

Für einen wirksamen Klimaschutz ist eine großflächig zusammenhängende Unterschutzstellung von Mooren notwendig, da eine Anhebung des Wasserstandes sich nicht bzw. nur zu sehr hohen Kosten an Eigentumsgrenzen orientieren kann. Um flächenmäßig zusammenhängende Maßnahmen zu ermöglichen und gleichzeitig den absehbaren Widerständen der betroffenen Flächennutzer vorzubeugen, könnte die Politik die Unterschutzstellung aller Flächen in einer ausgewiesenen Gebietskulisse per Ordnungsrecht vorsehen, aber gleichzeitig einen Ausgleich anbieten. Der Ausgleich kann zur Wahrung der Verhältnismäßigkeit und zum Ausgleich gleichheitswidriger Sonderopfer in Betracht kommen, die sich unstrittig noch im Rahmen der Sozialbindung des Eigentums halten. Der freiwillige Ausgleich zielt auf einen Interessenausgleich von Klimaschutz und der land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung ab und soll der Tatsache Rechnung tragen, dass Land- und Forstwirte in ungleich höherem Maße als andere Berufsgruppen auf die Bodennutzung angewiesen und damit auch relativ stärker von Nutzungseinschränkungen betroffen sind. Um die

⁹³ Mit dem Nassauskiesungsbeschluss des Bundesverfassungsgerichts von 1981 wurde klargestellt, dass zwischen Enteignung, Inhalts- und Schrankenbestimmungen zum Eigentum und enteignungsgleichen Eingriffen zu unterscheiden ist.

Durchsetzung des Zahlungsanspruchs der betroffenen Flächennutzer zu erleichtern, sollten die Schutzgebietsverordnungen für organische Böden einen Rechtsanspruch auf Ausgleich enthalten. Selbst wenn ein solcher Anspruch gesetzlich verankert wird, bleibt aber zu bedenken, dass für manche betroffene Landwirtschaftsfamilie die wirtschaftliche Grundlage und somit die Grundlage für eine ursprünglich gefasste Lebensplanung wegfällt. Für auslaufende Betriebe mag ein Ausgleich dagegen gelegen kommen. Bei diesen Maßnahmen ist die Verhältnismäßigkeit im Besonderen zu beachten. Die Verhältnismäßigkeit kann auch bei existenzgefährdenden Maßnahmen trotz der Eingriffstiefe gegeben sein, wenn die Maßnahme unverzichtbar zur Erreichung des Zieles des Klimaschutzes ist. In diesem Fall ist die Maßnahme aber notwendigerweise ausgleichspflichtig.

Nach Ansicht der Beiräte sollte ein Ausgleich v. a. in Konstellationen angeboten werden, in denen ein relativ kleiner Anteil der Flächennutzer von relativ scharfen Nutzungseinschränkungen betroffen ist. Dies ist bei der Unterschutzstellung organischer Böden (z. B. durch Wiedervernässungsgebote in eng umgrenzten Gebietskulissen) wie auch in ausgewiesenen Wasser- und Naturschutzgebieten der Fall. In der Tat hat sich der Ausgleich als ein Instrument des Interessenausgleichs in Wasser- und Naturschutzgebieten bewährt. Hier ist – ähnlich wie beim Schutz organischer Böden – eine relativ kleine Gruppe an Flächennutzern (diejenigen im ausgewiesenen Schutzgebiet) ungleich stärker betroffen als andere. Ein Ausgleich eignet sich hingegen nicht als Instrument zur flächendeckenden Abgeltung geringfügiger Beeinträchtigungen, die als gute fachliche Praxis zu verstehen sind. Weiterhin ist zu beachten, dass ein Ausgleich je Hektar nicht nach dem Ausmaß individueller Betroffenheit differenziert, sondern oft pauschal als Festbetrag je Hektar für alle betroffenen Flächennutzer gewährt wird. Dabei ist zu beachten, dass der Ausgleich keine Enteignungsentschädigung, also keinen Ausgleich für eine Eigentumsentziehung darstellt, sondern als Ausgleich in Geld für die Duldung einer Belastung zugunsten des Klimaschutzes anzusehen ist. Die Intensität der Belastung und die Höhe der Entschädigung müssen dabei in einem angemessenen Verhältnis zueinander stehen. Die Verminderung des Grundstückswertes ist dabei nur als Indiz für die Intensität der Belastung heranzuziehen.

Die meisten ordnungsrechtlichen Eingriffe im Sinne des Klimaschutzes dürften jedoch in der Tat eher flächendeckend angelegt und nur mit geringfügigen Beeinträchtigungen und finanziellen Verlusten in den Betrieben verbunden sein. Als Beispiel sei hier die sofortige Einarbeitung von Gülle genannt, wie sie der WBA, WBD und SRU bereits in ihrer Kurzstellungnahme zur Novellierung der Düngeverordnung empfohlen hatten (WBA, WBD und SRU 2013). Diese aus Sicht des Klimaschutzes hochwirksame Maßnahme ist für die Landwirte nur mit geringen Kosten verbunden. Ähnlich wirksam, wenn auch etwas teurer, ist die gasdichte Abdeckung von Lagerstätten für Gülle und Gärreste. Derartige Maßnahmen stellen gute fachliche Praxis im Hinblick auf den Klimaschutz dar und sollten, soweit noch nicht geschehen, ordnungsrechtlich vorgeschrieben werden – ohne die Möglichkeit einer finanziellen Abgeltung. Der Staat könnte allenfalls im Rahmen der Investitionsförderung die vorgeschriebene „Aufrüstung“ von Altanlagen während einer Übergangsphase fördern.

Gut ausgestaltete ordnungsrechtliche Maßnahmen haben im Vergleich zu ökonomischen Instrumenten den Vorteil, dass sie bei entsprechender Durchsetzung ein angestrebtes Umweltziel sicher erreichen. Oftmals scheitert aber eine konsequente Kontrolle, Überwachung und Sanktionierung von Verstößen an den begrenzten Kapazitäten der zuständigen Behörden. Ein Nachteil ordnungsrechtlicher Maßnahmen sind die vergleichsweise hohen volkswirtschaftlichen Kosten: Weil alle Betriebe unabhängig von ihren individuellen Vermeidungskosten zur Einhaltung desselben Standards gezwungen werden, wird ein angestrebtes Reduktionsziel zu höheren Kosten erreicht, als wenn nur die Betriebe mit niedrigen Vermeidungskosten zur Emissionsreduktion beitragen, wie es bei Anwendung von Anreizinstrumenten der Fall wäre. Dem stehen jedoch zwei Argumente entgegen: Erstens kann davon ausgegangen werden, dass die Kosten vieler Klimaschutzmaßnahmen, wie z. B. der sofortigen Einarbeitung von Gülle, zwischen den Betrieben nicht stark variieren. Dann macht es auch aus Sicht der Kosteneffizienz kaum einen Unterschied, ob die Maßnahme per ordnungsrechtlicher Verpflichtung oder mittels eines ökonomischen Anreizes implementiert wird. Zweitens sind ordnungsrechtliche Maßnahmen bei entsprechender Durchsetzung den ökonomischen Anreizinstrumenten in der Sicherheit der Zielerreichung überlegen: Bei den Anreizinstrumenten liegt es im finanziellen Kalkül der Adressaten, ob und wie sie auf den Anreiz reagieren; bei ordnungsrechtlichen Instrumenten haben sie diese Freiheit nicht.

Neben der Sicherheit der Zielerreichung sind ordnungsrechtliche Ansätze ökonomischen auch in einer weiteren Hinsicht überlegen: Wirksamer Klimaschutz ist auf dauerhafte (oder zumindest langjährige) Verpflichtungen seitens der Flächenbewirtschafter angewiesen. Während sich Adressaten hinsichtlich von Anreizinstrumenten regelmäßig neu entscheiden können, ob sie an einem entsprechenden (Klimaschutz)Programm teilnehmen, sind ordnungsrechtliche Ansätze in der Lage, die Langfristigkeit/Dauerhaftigkeit von Klimaschutzmaßnahmen zu gewährleisten.

Ordnungsrechtliche Instrumente eignen sich daher besonders zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen, für die mindestens eines der folgenden Kriterien zutrifft:

- a) die Implementierungskosten variieren zwischen Betrieben nicht stark;
- b) die THG-Einsparungen sind so hoch, dass der Sicherheit der Zielerreichung besonderer Wert zukommt.

Darüber hinaus machen ordnungsrechtliche Regelungen nur dort Sinn, wo sich ihre Einhaltung mit vertretbarem Aufwand kontrollieren lässt.

Letztlich hängt die Entscheidung für oder gegen ordnungsrechtliche Instrumente auch davon ab, wie die Verteilung der Verfügungsrechte in der Ausgangssituation gesehen wird: Hat der Flächennutzer das Verfügungsrecht und einen Anspruch auf eine Honorierung, wenn er auf die Ausübung dieses Rechtes verzichtet, oder hat die Gesellschaft das Verfügungsrecht und kann damit eine bestimmte Aktivität oder deren Unterlassung vom Flächennutzer einfordern? Diese Entscheidungen sollten sich auch an der Entwicklung der „Eigentumsrechte an den Emissionen“ in anderen Sektoren orientieren. Im EU-ETS werden zunehmend Emissionstitel versteigert, das Ei-

gentumsrecht wird den Unternehmen also sukzessive entzogen. Klimaschutzmaßnahmen in Sektoren außerhalb des EU-ETS, z. B. im Gebäude- oder Verkehrsbereich, werden sowohl mithilfe von ordnungsrechtlichen Auflagen als auch mithilfe von Förderung umgesetzt. Die fiskalischen Spielräume für eine umfassende Förderung der Emissionsvermeidung sind angesichts der ehrgeizigen THG-Minderungsziele aber begrenzt.

4.4 Förderrechtliche Instrumente

4.4.1 Instrumente im Rahmen der heutigen 1. Säule der GAP

Zu den förderrechtlichen Instrumenten der heutigen 1. Säule zählen die Direktzahlungen, die an die Auflagen von *Cross Compliance* (CC) und *Greening* gemäß den Bestimmungen der Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung geknüpft sind. Vergleichbare Instrumente im Forstsektor existieren nicht. CC und *Greening* nehmen eine Zwischenstellung zwischen ordnungsrechtlichen und Anreizinstrumenten ein. Die ordnungsrechtliche Komponente besteht darin, dass fast alle CC-Verpflichtungen ordnungsrechtlich geregelt sind. Dies gilt für die Einhaltung der 13 Einzelvorschriften einschlägiger EU-Regelungen in den Bereichen Umweltschutz, Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze sowie Tierschutz.⁹⁴ In diesen Fällen wirkt *Cross Compliance* lediglich als Vollzugsverstärkung. Die Anreizkomponente besteht darin, dass Landwirte auf die Umsetzung bestimmter (nicht ordnungsrechtlich definierter) *Cross Compliance*- und *Greening*-Auflagen und somit auf den Erhalt eines Teiles ihrer Direktzahlungen „freiwillig“ verzichten können. Dies gilt insbesondere für die *Greening*-Auflagen, aber auch für einige der *Cross Compliance*-Vorgaben zur Erhaltung der Flächen in einem guten ökologischen und landwirtschaftlichen Zustand (GLÖZ-Standards). Verschiedene Berechnungen (Latacz-Lohmann und Schulz 2013, de Witte und Latacz-Lohmann 2014) haben jedoch gezeigt, dass es auch für stark vom *Greening* betroffene landwirtschaftliche Betriebe nicht lohnend ist, unter Verzicht auf die *Greening*-Prämie die Vorgaben des *Greenings* zu ignorieren.

Klimaschutz ist explizites Ziel des *Greenings* und von *Cross Compliance*. Die klimaschutzrelevanten Regelungen setzen an der Funktion von Böden als Kohlenstoffsinken an. Hierzu zählen beim *Greening* v. a. die Vorschriften zum Grünlanderhalt und zu ökologischen Vorrangflächen (wobei deren Klimarelevanz stark von der konkreten Maßnahme abhängt), bei *Cross Compliance* der Erhalt der Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand in den Berei-

⁹⁴ *Cross Compliance* umfasste bis 2015 auch Regelungen zum Grünlanderhalt. Diese wurden mit Wirkung ab 2016 in modifizierter Form in das *Greening* der 1. Säule der GAP überführt. In Deutschland haben die meisten Bundesländer in den letzten Jahren Grünlanderhaltungsverordnungen erlassen, die den Grünlanderhalt ordnungsrechtlich regeln.

chen Erhalt der organischen Substanz im Boden⁹⁵ und Schutz der Bodenstruktur, Instandhaltung von Brachflächen sowie Erhalt von Landschaftselementen.

Aus Sicht von WBAE und WBW ist eine Klimaschutzpolitik, die sich auf *Cross Compliance* und das *Greening* stützt, langfristig nicht tragfähig. Der WBA hat bereits in seinem Gutachten zur Zukunft der Gemeinsamen Agrarpolitik einen grundlegenden Umbau der GAP in Richtung einer stärker gestaltenden Politik angemahnt (WBA 2010). Die Beiräte bekräftigen die seinerzeit geäußerte Auffassung, dass gezielte Maßnahmen zur Erreichung umwelt- und gesellschaftspolitischer Ziele einer Fortführung der bestehenden Agrarpolitik vorzuziehen sind. Dies betrifft auch den Klimaschutz. Über den Hebel der Direktzahlungen implementierte Klimaschutzmaßnahmen könnten eine kurze Halbwertszeit haben, wenn sich die Politik für eine (aus Sicht der Beiräte an sich wünschenswerte) Umschichtung des Agrarhaushalts in Richtung der 2. Säule entscheidet. Wenn eine solche Umverteilung jedoch mit dem Argument des an der 1. Säule hängenden Klimaschutzes verhindert würde, wäre der Weg zu einer stärker zielgerichteten Klimaschutzpolitik versperrt. Vielmehr würde eine ineffiziente, am Tropf der Direktzahlungen hängende Klimaschutzpolitik zementiert.

Ein weiterer Nachteil einer Implementierung von Klimaschutzmaßnahmen mittels *Greening* oder CC ist der Folgende: Je größer das Bündel an Auflagen wird, das an den Erhalt der Direktzahlungen geknüpft ist, desto höher werden die Kosten in den Betrieben und desto eher werden Landwirte sich gegen eine Teilnahme am *Greening* bzw. an den über das geltende Fachrecht hinausgehenden Vorgaben des CC entscheiden.

4.4.2 Klimaschutz als Teil der ländlichen Entwicklungspolitik

Zielgerichtete Klimaschutzmaßnahmen lassen sich u. a. im Rahmen der ländlichen Entwicklungspolitik (der gegenwärtigen 2. Säule der GAP) implementieren. Die ELER-Verordnung zur Entwicklung des ländlichen Raumes stellt das zweite Standbein (neben dem Ordnungsrecht) und das Hauptfinanzierungsinstrument der Agrarumweltpolitik in der EU dar. Im Gegensatz zum Ordnungsrecht ist die Teilnahme an klimaschutzrelevanten Maßnahmen (s. Kap. 3.2.2) der Programme zur ländlichen Entwicklung freiwillig; es handelt sich um ein ökonomisches Anreizinstrument.

Wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, bildete der „Gesundheitscheck“ der GAP im Jahre 2008 den Startpunkt für die Integration von Klimaschutzmaßnahmen in die 2. Säule. Dort wurden als „neue Herausforderungen“ u. a. die Bereiche Klimawandel und erneuerbare Energien benannt. Die aktuelle ELER-Verordnung adressiert den Klimaschutz als eine von sechs Prioritäten: Unter Priorität 5 ist die Förderung der Ressourceneffizienz und Unterstützung des Agrar-, Nahrungsmittel- und

⁹⁵ In Deutschland in der jetzigen Förderperiode alleine durch das Verbot des Verbrennens von Stroh/Stoppelresten umgesetzt. Die bis 2013 bestehende Pflicht zur Humusbilanzierung wurde abgeschafft.

Forstsektors beim Übergang zu einer kohlenstoffarmen und klimaresistenten Wirtschaft genannt. Im Hinblick auf den Klimaschutz werden u. a. die Verringerung der aus der Landwirtschaft stammenden Treibhausgas- und Ammoniakemissionen, die Förderung der Kohlenstoffspeicherung und -bindung in der Land- und Forstwirtschaft sowie Effizienzsteigerung bei der Energienutzung in der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelverarbeitung genannt (EU-VO 1305/2013, Art. 5). Zur Umsetzung der Priorität 5 kann eine Vielzahl von Maßnahmen beitragen, wie die indikative Liste der ELER-VO (Anhang VI) zeigt: Aufforstung und Anlage von Wäldern, Einrichtung von Agrarforstsystemen, Investitionen zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit und des ökologischen Werts der Waldökosysteme, Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, ökologischer/biologischer Landbau, Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und der Wasserrahmenrichtlinie, Zahlungen für aus naturbedingten oder anderen spezifischen Gründen benachteiligte Gebiete, Waldumwelt- und -klimadienstleistungen sowie Erhaltung der Wälder.

Im Rahmen der ländlichen Entwicklungspolitik ist auch die Forstwirtschaft förderbar. Die entsprechenden Artikel der ELER-VO sind in der aktuellen EU-Förderperiode 2014 bis 2020 explizit auch auf die Erhöhung des Potenzials der Waldökosysteme zur Abschwächung des Klimawandels und die Anpassung an diesen ausgerichtet. Welche Maßnahmen die Bundesländer in ihren ländlichen Entwicklungsprogrammen anbieten, obliegt der Entscheidung des jeweiligen Landes. Die Umsetzung der EU-Förderung erfolgt in den Ländern oft in Kombination mit der GAK. Zuwendungsberechtigten sind in den meisten Bundesländern private und kommunale Waldbesitzer, teilweise auch die Landesforsten.

Reine Klimaschutzmaßnahmen werden im Rahmen dieser Förderprogramme nicht angeboten. Soweit in den Bundesländern die Maßnahme Waldumwelt- und Waldklimadienstleistungen überhaupt angeboten wird, hat sie den Schwerpunkt Biodiversität.

Die Erstaufforstung als Maßnahme mit langfristig eindeutig positiver Klimawirkung ist im Rahmen der forstlichen Förderung zwar möglich. Der erreichte Flächenumfang war in der Vergangenheit aber aufgrund einer angesichts des nachfolgenden Einkommensverlustes offensichtlich zu geringen Förderung stark rückläufig (s. Kap. 5.4.1). Bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen ist hier nicht von einer Trendumkehr auszugehen. Eine größere Rolle spielt die Waldmehrung im Rahmen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Teilweise gibt es auch bundeslandspezifische Programme zur Waldmehrung mit dem Ziel des Klimaschutzes, wie z. B. die Waldaktie in Mecklenburg-Vorpommern (waldaktie.de 2016). Deren Flächenrelevanz ist aber ebenfalls sehr gering.

Potenziell ebenfalls im Rahmen der ländlichen Entwicklung förderbar und von klimarelevanter Bedeutung wäre die Wiedervernässung von Waldstandorten. In der vergangenen Förderperiode haben entsprechende Projekte aber keine praktische Bedeutung gehabt und werden voraussichtlich zukünftig auch nicht in großem Umfang durchgeführt werden.

Neben den eher waldbaulichen Maßnahmen kann im Rahmen der ELER-VO auch die Verwendung von Holz als Rohstoff oder Energieträger sowie die Holzmobilisierung gefördert werden. Die Maßnahme wird aber bisher nur in einem Bundesland angeboten.

Ein grundsätzlich anderes Bild zeigt sich bei Maßnahmen, die auch der Anpassung des Waldes an den Klimawandel dienen. Im Rahmen der ländlichen Entwicklungsprogramme werden in den meisten Bundesländern Waldumbau und Jungbestandespflege angeboten und mit einem Großteil des Förderbudgets, das auf Forstmaßnahmen entfällt, umgesetzt. Beide Fördertatbestände haben das Ziel, stabile Wälder zu entwickeln. Damit dienen sie indirekt auch dem Klimaschutz. Im Rahmen des Waldumbaus wird ein Baumartenwechsel hin zu standortgerechten Laub- und Mischbeständen unterstützt. Durch die Jungbestandespflege sollen vorhandene Bestände rechtzeitig so gepflegt werden, dass sich stabile Wälder entwickeln können.

Insgesamt belaufen sich die an private Forstbetriebe ausgereichten Fördermittel auf jährlich rd. 8 €/ha, sie decken damit rd. 3 % des laufenden betrieblichen Aufwands ab (s. BMEL-Testbetriebsnetz Forst 2015, Betriebsergebnisse Privat-Forstbetriebe ab 200 ha, Wirtschaftsjahr 2014). Die forstlichen Fördermittel sind in ihrer ökonomischen Dimension und Wirkung keineswegs vergleichbar mit denen der Landwirtschaft, bezogen auf den Hektar betragen sie nur rd. 2 % der rd. 411 €/ha Direktzahlungen und Zuschüsse, die vom BMEL für das Wirtschaftsjahr 2014/15 für landwirtschaftliche Haupterwerbsbetriebe ausgewiesen werden (s. BMEL-Testbetriebsnetz Landwirtschaft 2015).

WBAE und WBW halten Programme wie die zur ländlichen Entwicklung grundsätzlich für richtig, da sie zielgerichtet, in den adressierten Betrieben im Allgemeinen nicht mit Akzeptanzproblemen behaftet und – im Gegensatz zu den förderrechtlichen Instrumenten der 1. Säule – nicht auf den Fortbestand der Direktzahlungen angewiesen sind. Allerdings ist die Teilnahmebereitschaft an diesen Programmen sowohl auf Betriebs- als auch auf Länderebene sehr unterschiedlich. Sie ist bei waldbezogenen Fördertatbeständen oft gering, weil vorrangig weniger produktive Laubholzbestockungen gefördert werden. Sie werden von Privatwaldbesitzern u. a. auch aufgrund hoher Bagatellgrenzen, aufwändiger Antragstellungen und fehlender Beratungsangebote oftmals nicht beantragt (Entenmann und Schaich 2014). Da diese Probleme auch auf das EU-Förderrecht zurückzuführen sind, setzen einige Länder Waldförderprogramme verstärkt mit Landesmitteln um.

Ein spezielles Akzeptanzproblem für Maßnahmen des vertraglichen Natur- und Klimaschutzes kann sich daraus ergeben, dass an sich teilnahmewillige Land- und Forstwirte eine ordnungsrechtlich verfügte Einschränkung der Bewirtschaftungsfreiheit nach Ablauf der Verträge fürchten oder bezweifeln, dass die Zahlungen fortbestehen. Dies ist ein grundsätzliches Problem des Klimaschutzes, der auf dauerhafte (oder zumindest langjährige) Verpflichtungen seitens der Flächenbewirtschafteter angewiesen ist, und hat insbesondere im Fall der Forstwirtschaft eine überaus hohe Relevanz. Je länger jedoch eine Fläche mit Zielrichtung Klima- oder Biodiversitätsschutz bewirtschaftet wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Fläche langfristig nicht mehr für die land- oder forstwirtschaftliche Produktion zur Verfügung steht – entweder aufgrund

einer ordnungsrechtlichen Unterschützstellung oder wegen Verlusts der Eignung als produktive Fläche. In diesem Zusammenhang ist für landwirtschaftliche Flächen auch der mögliche Verlust des Zahlungsanspruchs zu berücksichtigen – ein weiteres Argument für die kontraproduktiven Wirkungen des gegenwärtigen Systems der Direktzahlungen.

Weiterhin leiden Vertragsklimaschutzmaßnahmen darunter, dass sie sich die unternehmerische Kreativität der Land- und Forstwirte nicht zunutze machen. So beschränkt sich die unternehmerische Entscheidung auf die einfache Ja-/Nein-Entscheidung über die Teilnahme. Innerhalb der Programme haben Teilnehmer keinen Anreiz und auch keine Möglichkeit, nach innovativen Wegen zur Emissionsvermeidung zu suchen oder mit neuen Methoden der Emissionsminderung oder Kohlenstoffsequestrierung zu experimentieren, da es ihre Zahlung nicht beeinflusst. Im Gegenteil, jede Abweichung von den vertraglich fixierten Vorgaben könnte als Vertragsbruch ausgelegt werden mit der Folge von Zahlungskürzungen. Diesem Nachteil könnte theoretisch begegnet werden, indem die Zahlungen ergebnisorientiert gestaltet werden, also direkt an die eingesparten THG-Emissionen geknüpft werden. Da THG-Emissionen jedoch in der Regel nicht zu vertretbaren Kosten messbar sind, entfällt die Option der ergebnisorientierten Honorierung zumindest kurzfristig. Langfristig könnte die Entwicklung von Zertifizierungs- und Verifizierungssystemen, wie sie bereits für Moorschutzfonds Anwendung finden, Abhilfe schaffen (s. Kap. 4.1).

Der Unternehmergeist der Land- und Forstwirte kann jedoch zumindest durch die Ausschreibung von Vertragsklimaschutzverträgen geweckt werden. Statt z. B. den Adressaten eine feste Kompensationszahlung je Hektar Vertragsfläche anzubieten, könnten die zuständigen Behörden die Verträge ausschreiben und um die Einreichung von Geboten bitten, in denen teilnahmewillige Land- und Forstwirte ihre Kompensationsforderungen benennen. Dabei müssen die Flächennutzer ihren Angebotspreis für die Teilnahme bestimmen. Dies erfordert ein gründliches unternehmerisches Abwägen der Kosten der Teilnahme und der Wahrscheinlichkeit, einen Zuschlag zu erhalten. Es würden dann zunächst die niedrigsten Gebote einen Zuschlag erhalten, bis das Programmbudget verbraucht ist oder eine angestrebte Gesamtfläche unter Vertrag ist. Auf diese Weise entstünde Wettbewerb unter den Anbietern von Klimaschutzleistungen. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass sich durch Ausschreibungsverfahren die Zahlungen je Einheit „eingekaufter“ Umweltleistung deutlich senken lassen (Schilizzi und Latacz-Lohmann 2007, Stoneham et al. 2003).

Ausschreibungsverfahren sind immer dann besonders empfehlenswert, wenn es große Unterschiede in den Vermeidungskosten zwischen den Betrieben gibt. Dies trifft z. B. auf die Etablierung von Kurzumtriebsplantagen (KUP) oder Miscanthus-Kulturen zu (s. Kap. 5.2.6.2). Je nach Ertragsfähigkeit des Standorts und dem Deckungsbeitrag der verdrängten Feldfrucht können die Kosten pro Hektar wie auch pro vermiedener Tonne CO₂-Äquivalent zwischen den Betrieben erheblich variieren (Strohm et al. 2012). Ein Ausschreibungsverfahren hat den weiteren Vorteil, dass es „subjektiven“ Kosten Rechnung tragen kann. Diese können sich u. a. daraus ergeben, dass die Landwirte noch nicht mit dem Anbau von KUP und Miscanthus vertraut sind und Risiken im Anbau fürchten, für die sie einen Risikozuschlag benötigen. Da sich solche Risikozuschläge in den

Geboten der Landwirte reflektieren, dürfte ein Ausschreibungsverfahren im Vergleich zu einer fest vorgegebenen, konstanten Zahlung die Teilnahmebereitschaft der Landwirte erhöhen. Umgekehrt dürften Landwirte mit einer intrinsischen Motivation für den Klimaschutz (und somit niedrigeren „gefühlten“ Kosten) niedrigere Gebote einreichen. Auf diese Weise kann ein Ausschreibungsverfahren eine Positivauslese motivierter Land- und Forstwirte bewirken.

Wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben stehen in der EU 2014 bis 2020 für die 2. Säule 99,6 Mrd. € (in laufenden Preisen) zur Verfügung (nach Berücksichtigung optionaler Umschichtungen zwischen den Säulen durch die Mitgliedstaaten). Auf Deutschland entfallen für die laufende Periode 9,4 Mrd. € (nach erfolgter Umschichtung von 4,5 % der Mittel aus der 1. in die 2. Säule; ohne Umschichtung: 8,3 Mrd. €) (BMEL 2015a). Maßnahmen mit der Zielsetzung Umweltschutz und Klimawandel können zu maximal 75 % aus dem ELER finanziert werden.

4.5 Finanzierung klimaschutzpolitischer Fördermaßnahmen

Klimaschutz ist ein globales öffentliches Gut und sollte deshalb im internationalen Verbund betrieben, aber standortgerecht umgesetzt werden. Die Forderung nach einer international abgestimmten Klimaschutzpolitik kann aber schnell ins Leere laufen, wenn sich verbindliche Einigungen auf dieser Ebene nicht erzielen lassen. Dann kommt der EU-Ebene eine besondere Verantwortung für die Einbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in die Klimaschutzpolitik zu. Vor diesem Hintergrund sollte Klimaschutzpolitik Unionspolitik sein. Dies kann erfolgen, indem Verpflichtungen der EU zur Emissionsvermeidung über Lastenteilungsentscheidungen auf die Mitgliedstaaten verteilt werden und es in der Entscheidungshoheit und Finanzierungscompetenz des jeweiligen Mitgliedstaates liegt, auf welchem Weg er seine Reduktionsverpflichtung erfüllt. Der globale Charakter des Klimaschutzes rechtfertigt im Prinzip eine hundertprozentige Finanzierung mit Unionsmitteln. Eine hundertprozentige EU-Finanzierung birgt jedoch das Risiko, dass Mitgliedstaaten übermäßig viele und vielleicht nicht immer effiziente Maßnahmen in ihre Förderkataloge aufnehmen, um sich einen möglichst großen Anteil am EU-Budget für den Klimaschutz zu sichern. Vor diesem Hintergrund halten die Beiräte Kofinanzierungssätze zwischen 75 und 90 % für Klimaschutzmaßnahmen für angemessen. Eine einhundertprozentige EU-Finanzierung kommt aus Sicht der Beiräte nur infrage, wenn ein klares Maßnahmenpaket seitens der EU vorgegeben wird und im Notifizierungsverfahren sehr strenge Kriterien angelegt werden. Schon heute gilt für alle förderfähigen Maßnahmen der 2. Säule, dass die förderfähigen Ausgaben zu 100 % EU-finanziert werden können, wenn sie mit Mitteln finanziert werden, die aus der 1. in die 2. Säule umgeschichtet wurden.

Als eine Finanzierungsquelle des Klimaschutzes in der Land- und Forstwirtschaft kommen daher prinzipiell die Mittel der 1. Säule in Betracht. Der WBA (2010) hat sich bereits in seinem Gutachten zur Zukunft der Agrarpolitik für eine schrittweise Abschaffung des gegenwärtigen Systems der Direktzahlungen ausgesprochen und im Gegenzug für eine finanzielle Aufstockung und Neukonzipierung von Politikmaßnahmen plädiert, mit denen der Agrarsektor und die ländlichen Räume

möglichst zielgerichtet auf künftige Herausforderungen vorbereitet werden sollen. Die Beiräte empfehlen, dass diese Mittel für den Klimaschutz im Agrar- und Forstsektor von der EU bereitgestellt werden. Diese könnten in einem zweckgebundenen EU-Budget für den Klimaschutz in Land- und Forstwirtschaft zusammengefasst werden. Die Mittel aus diesem Budget sollten nach Effizienzkriterien (z. B. nach Maßgabe der Vermeidungskosten über Ausschreibungsverfahren) und nicht nach vorgegebenen Schlüsseln an die Mitgliedstaaten verteilt werden. Ob bzw. welcher Anteil der Mittel der gegenwärtigen 1. Säule dem Klimaschutz zur Verfügung gestellt wird oder ob weitere Steuermittel dafür eingesetzt werden, muss im politischen Entscheidungsfindungsprozess bestimmt werden. Grundsätzlich sollten nach Ansicht der Beiräte die Mittel der heutigen 1. Säule zur Finanzierung von mitgliedstaatenübergreifenden Gemeinwohlleistungen zur Verfügung stehen. Dazu gehören neben dem Klimaschutz auch Aspekte von Biodiversität, die von internationaler Bedeutung sind. Um Verwerfungen zu vermeiden, sollte die Umschichtung der gegenwärtigen Direktzahlungen in zweckgebundene Budgets für mitgliedstaatenübergreifende Gemeinwohlleistungen schrittweise erfolgen und mit der im Jahr 2021 beginnenden neuen Programmierungsperiode der GAP starten.

Neben einem zweckgebundenen EU-Budget für den Klimaschutz in Land- und Forstwirtschaft könnte ein äquivalentes Budget auf nationaler Ebene eingerichtet werden, das sich aus folgenden Quellen speisen könnte: (1) aus einem Teil der Versteigerungserlöse aus Emissionszertifikatsverkäufen, (2) falls eine Abgabe auf Stickstoff eingeführt wird, aus deren Einnahmen und (3) aus Zuweisungen von Steuermitteln, sollte sich herausstellen, dass die beiden erstgenannten Quellen nicht ausreichen. Die nationalen Mittel für den Klimaschutz könnten in einem Fonds ähnlich dem bereits existierenden Waldklimafonds (jedoch besser ausgestattet als dieser) zusammengefasst werden.

Die Verwendungsseite des nationalen Agrar- und Forstklimatebudgets könnte sowohl gestalterische als auch kompensatorische Elemente enthalten. Zu den gestalterischen Elementen könnten die Kofinanzierungsanteile (10 bis 25 %) von EU-Klimaschutzmaßnahmen gehören, die, wie oben beschrieben, zum überwiegenden Teil (75 bis 90 %) aus EU-Mitteln finanziert werden sollten. Weiterhin könnten nationale Klimaschutzprojekte (z. B. Demonstrationsvorhaben) gefördert werden. Die kompensatorischen Elemente umfassen den finanziellen Ausgleich für ordnungsrechtliche Eingriffe in die Landnutzung zum Zwecke des Klimaschutzes sowie die allokatonsneutrale Rückverteilung der Einnahmen aus der Stickstoffabgabe, wenn eine solche eingeführt werden sollte. Die Einbeziehung der Stickstoffabgabe in den Fonds ist fakultativ. Sie eröffnete die Option, dass die einfließenden Mittel teilweise auch für gestalterische Klimaschutzmaßnahmen genutzt werden könnten.

4.6 Information, Beratung, Ausbildung, Forschung

Während Gewässer-, Natur- und Biodiversitätsschutz in Agrarlandschaften seit mindestens drei Jahrzehnten in der politischen Diskussion etabliert und dementsprechend im Bewusstsein der Landwirte in Deutschland gut verankert sind, ist vielen Landnutzern wenig präsent, welche Bedeutung die Land- und Forstwirtschaft für den Klimaschutz hat und mit welchen konkreten Maßnahmen die Land- und Forstwirtschaft zur Reduktion von Treibhausgasen beitragen kann. Daher sind Wissensvermittlung und Bewusstseinschärfung erfolgversprechende Maßnahmen. Folgende Komponenten werden in diesem Zusammenhang in diesem Kapitel diskutiert:

- klimaschutzrelevante Forschung in den Agrar-, Ernährungs- und Forstwissenschaften,
- land- und forstwirtschaftliche Ausbildung (Berufsbildung im dualen System sowie Ausbildung an Fachhochschulen und Universitäten),
- Wissensvermittlung durch land- und forstwirtschaftliche Beratung (einschließlich Medien),
- sonstige Informationskampagnen.

Entsprechende Maßnahmen, die auf Konsumenten abzielen, werden ausführlich in Kapitel 4.8 erläutert.

4.6.1 Klimaschutzrelevante Forschung in den Agrar-, Ernährungs- und Forstwissenschaften

Zum besseren Verständnis der komplexen Prozesse und zur Entwicklung von Technologien, Maßnahmen und Strategien zur Emissionsminderung ist die öffentliche und private Forschung im Agrar-, Ernährungs- und Forstsektor gefordert, wobei sowohl Grundlagenforschung als auch angewandte Forschung relevant sind.

Das Thema Klimaschutz wird in der agrar-, forst- und ernährungswissenschaftlichen Forschung bereits zunehmend adressiert. Ein möglicher Beitrag der Forschung zur Lösung klimaschutzrelevanter Fragen ist dabei keinesfalls nur eine Frage von Forschungsbudgets. Damit auch die derzeit zur Verfügung stehenden Forschungsgelder optimal genutzt werden, sollten bei der Ausgestaltung der Forschungsaktivitäten und der Forschungsförderung folgende Aspekte Berücksichtigung finden⁹⁶:

⁹⁶ In seinem Gutachten zu einer zukunftsfähigen Nutztierhaltung hat der WBA detaillierte Empfehlungen zur Forschungsförderung abgegeben (WBA 2015: 212 ff.). Einige der dort angesprochenen Punkte lassen sich auf den Bereich Klima übertragen, da in beiden Fällen eine grundlegende und langfristige angelegte Umsteuerung der landwirtschaftlichen Produktion erforderlich ist. Insoweit beruhen die folgenden Empfehlungen auf die entsprechenden Ausführungen im Gutachten zur Nutztierhaltung.

- Bessere Koordination der Forschungsförderung. Damit könnte die teilweise starke Zersplitterung der Forschungslandschaft, die im Agrar- und Forstbereich festzustellen ist (Wissenschaftsrat 2006), zu einem Teil kompensiert werden. Wie sich jedoch anhand der FISA-Datenbank zeigt⁹⁷, besteht derzeit nicht einmal eine Datenbasis, die einen belastbaren Überblick über die personelle und finanzielle Ausstattung der Forschungseinrichtungen gibt.
- Langfristigere Ausrichtung von Drittmittelförderung. Hierzu stellte der WBA (2015: 214) in seinem Nutztiergutachten fest: „auch wenn die Fördersummen für die Agrarforschung in Deutschland insgesamt relativ hoch liegen, war in den letzten Jahren zunehmend ein Abbau der institutionellen Basisförderung und eine Umschichtung auf kompetitive Drittmittel zu verzeichnen, die überwiegend als Zwei- bis Drei-Jahres-Projekte vergeben werden.“ Eine solche kurzfristige Ausrichtung ist angesichts des langen Wirkungszeitraums von Klimaschutzmaßnahmen nicht geeignet.
- Mehr Anreize für Forscher, praxisorientierte Forschung zu betreiben und lösungsorientierte Ergebnisse zu generieren. Derzeit bestehen für Forscher v. a. Anreize zur Veröffentlichung von Forschungsergebnissen in hochrangigen internationalen Zeitschriften. Dort können anwendungsorientierte, regionalspezifische Forschungsergebnisse jedoch oft nur schwer veröffentlicht werden.
- Vermehrte Einbeziehung einer möglichst großen Anzahl gesellschaftlicher Akteure in die Ausgestaltung der Forschungsförderung. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Lösungsansätze auch den Ansprüchen einer möglichst großen Teilmenge der Bevölkerung entsprechen und somit höhere Umsetzungschancen haben. Als einzubeziehende gesellschaftliche Akteure sind v. a. die Landwirte zu nennen („*On Farm Research*“).
- Darüber hinaus sind auch Maßnahmen sinnvoll, mit denen Anreize für privatwirtschaftliche Unternehmen geschaffen werden, durch Forschungsförderung an der Erreichung von Klimaschutzzielen mitzuwirken. Dies kann z. B. durch eine stärkere Beteiligung von privatwirtschaftlichen Unternehmen in öffentlichen Forschungsförderprogrammen erreicht werden.

Auf den spezifischen Wissensbedarf zu speziellen Klimaschutzmaßnahmen wird in Kapitel 5 eingegangen.

⁹⁷ Es gibt zurzeit keine systematische Zusammenstellung von Forschungsaktivitäten, die sich mit Klimaschutz in Land- und Forstwirtschaft beschäftigen. Ziel des Forschungsinformationssystems Agrar/Ernährung (FISA) ist es zwar, die Transparenz und damit die Koordination der mit öffentlichem Geld geförderten Agrar- und Ernährungsforschung zu verbessern (FISA 2016). In der FISA Datenbank sind derzeit (Stand: Mai 2016) 126 laufende Projekte zum Klimaschutz mit Bezug zur Land-, Forst- oder Ernährungswirtschaft oder verwandten Disziplinen aufgeführt. Dies entspricht knapp 7 % aller derzeit laufenden Projekte, die gegenwärtig in der Datenbank erfasst sind. Die der FISA-Datenbank gemeldeten Projekte sind allerdings keinesfalls vollständig. Darüber existieren zu den Forschungsaktivitäten der Privatwirtschaft zur Entwicklung klimaschonender Produktionsmethoden gegenwärtig keine validen Informationen.

4.6.2 Land- und forstwirtschaftliche Ausbildung

Gut ausgebildete Fachkräfte sind nicht nur für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der Land- und Forstwissenschaft unerlässlich, sondern auch für eine konsequente Umsetzung klimaschonender Praktiken im betrieblichen Alltag. Im Jahr 2012 erlernten ca. 8.500 Personen den Ausbildungsberuf Landwirt. Für den Beruf Gärtner gab es ca. 14.200 Auszubildende, für den Beruf Forstwirt ca. 1.750 (BMEL 2014c). Bisher ist der Klimaschutz in den Lehrplänen der landwirtschaftlichen Fachschulen in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich stark verankert. In Schleswig-Holstein wird der Klimaschutz im Unterrichtsfach „Natur und Umwelt“ der einjährigen Fachschule behandelt. Für dieses Fach sind bis zu 57 Unterrichtsstunden vorgesehen. Dies entspricht 4,2 % der insgesamt zu absolvierenden Unterrichtsstunden (Zum Vergleich: Die Unterrichtsfächer Betriebswirtschaftslehre, tierische Produktion und pflanzliche Produktion umfassen jeweils 247 Unterrichtsstunden oder gut 18 % der gesamten Unterrichtszeit.). Innerhalb des Unterrichtsfachs „Natur und Umwelt“ wird der Klimaschutz in der Lehr rubrik „technisch-hygienischer Umweltschutz“ behandelt, die insgesamt zwölf bis 18 Unterrichtsstunden umfasst. Diese Lehr rubrik beinhaltet den Schutz der drei Schutzgüter Boden, Gewässer und Atmosphäre sowie die Vermeidung bzw. Verwertung von Abfällen. Geht man von einer Gleichverteilung der zur Verfügung stehenden Unterrichtsstunden auf die vier Themenbereiche aus, verbleiben für das Thema Schutz der Atmosphäre zwischen 3 und 4,5 Unterrichtsstunden. Als konkret zu behandelnde Themen sieht der Lehrplan die Zusammensetzung und Schichtung der Erdatmosphäre, Belastungen durch stoffliche Einträge, Wirkungszusammenhänge am Beispiel Treibhauseffekt/Ozonloch, Folgen für Mensch und Umwelt sowie Handlungsfelder für die Landwirtschaft vor. Für Letztere werden genannt: Verringerung von stofflichen Emissionen, Anbau nachwachsender Rohstoffe sowie Einflussnahme auf Gerüche und Lärm. Als Handreichung wird den Lehrenden empfohlen, das Fach „Natur und Umwelt“ vernetzt und integrativ mit den produktionstechnischen Fächern zu behandeln, in denen einige der angesprochenen Themen (z. B. gute fachliche Düngungspraxis) ebenfalls behandelt werden.

Aus dieser Auflistung wird deutlich, dass dem Thema Klimaschutz vergleichsweise wenig Raum zugestanden wird und eine stärkere Verankerung des Klimaschutzes in den Lehrplänen der land- und forstwirtschaftlichen Fachschulen zu empfehlen ist. Eine umfassendere Verankerung des Klimaschutzes in der land- und forstwirtschaftlichen Ausbildung würde stärker auf die klimarelevanten Handlungsfelder für die Land- und Forstwirtschaft eingehen und die in Kapitel 5 dieses Gutachtens angesprochenen Maßnahmen zur Emissionsreduzierung thematisieren. Nach Auffassung der Beiräte müssten die Lernenden stärker für die Bedeutung von organischen Böden sowie von Wald und Holzprodukten für den Klimaschutz sensibilisiert werden. Sie müssen die verschiedenen Maßnahmen zur Steigerung der N-Effizienz sowie zur Emissionsreduzierung im Bereich der Tierhaltung kennenlernen und diese Maßnahmen anhand von Best-practice-Beispielen auf Praxisbetrieben veranschaulicht bekommen. Auf diese Weise kann das Bewusstsein für gute fachliche Praxis im Hinblick auf den Klimaschutz geschult und im Laufe der Zeit geschärft werden.

4.6.3 Wissensvermittlung durch land- und forstwirtschaftliche Beratung

Die landwirtschaftliche Beratung (Offizialberatung, private Beratungsdienste, Berater des Landhandels) wird von den Landwirten generell als wichtige Informationsquelle angesehen (AOL 2013, WBA 2015). Beratungsorganisationen tragen nicht nur durch individuelle Beratung zur Wissensvermittlung bei, sondern auch durch die Organisation von Informationsveranstaltungen und Feldtagen sowie durch Beiträge in Fachzeitschriften. Auch wenn gut organisierte und durchgeführte Beratungsleistungen bei den Land- und Forstwirten nicht automatisch zur Steigerung der Klimateffizienz in den Betrieben führen, sehen die Beiräte in der Beratung ein wichtiges Instrument. Da die land- und forstwirtschaftliche Beratung im föderalen System Deutschlands Aufgabe der Länder ist, gibt es große Unterschiede zwischen Bundesländern in der Organisation der Beratung.

Eine flächendeckende Umweltberatung existiert bereits in den meisten Bundesländern (Hennies 2005). Die Rolle eines Umweltberaters weicht von der eines Unternehmensberaters ab, weil er nicht alleine dem Wohl des Klienten verpflichtet ist. Die Umweltberatung hat einen klar definierten Beratungsauftrag, der sich aus der Forderung der Gesellschaft nach einer hohen Qualität der natürlichen Umwelt ergibt. Vor dem Hintergrund der Gemeinwohlorientierung ist Umweltberatung mit staatlichen Mitteln zu finanzieren. Dies gilt auch für den Klimaschutz.

Bestehende Umweltberatungsangebote im Bereich der Landwirtschaft konzentrieren sich auf den Gewässerschutz, den Naturschutz sowie den Bodenschutz. Einige Bundesländer bieten zudem landwirtschaftliche Energieberatung/Energiechecks an. Darüber hinaus werden klimarelevante Aspekte der Düngung und der Fütterung in den jeweiligen Spezialberatungen bislang nur teilweise adressiert. Zwar wird in Mecklenburg-Vorpommern eine Beratung zur klimaschonenden Bewirtschaftung von Mooren angeboten, nach Wissen der Beiräte existiert jedoch gegenwärtig noch keine umfassende Klimaschutz-Spezialberatung, die die genannten Themen umfassend und integrativ behandelt. Eine derartige Spezialberatung müsste in der Regel einzelbetrieblich erfolgen und zum Ziel haben, Emissionsminderungspotenziale im Betrieb zu identifizieren, Maßnahmen zu deren Realisierung zu empfehlen und den beratenen Landwirt bei der Implementierung der Maßnahmen und der Beantragung von Fördermitteln zu unterstützen. Ein wesentlicher Meilenstein des Beratungsprozesses könnte die Erstellung eines einzelbetrieblichen Klimaschutzplans sein, in dem Reduktionsmöglichkeiten identifiziert und Maßnahmen zur Emissionsreduktion nach Priorität geordnet werden. Der Plan sollte in Zusammenarbeit mit dem beratenen Landwirt erstellt werden. Die Prioritäten würden sich daran orientieren, wie einfach die Maßnahmen im jeweiligen Betrieb umzusetzen sind, mit welchen Einsparungen oder Kosten sie verbunden sind und welchen Beitrag sie jeweils einzeln und/oder in Kombination miteinander zur Emissionsreduktion liefern.

Grundsätzlich kann Beratung auch im Bereich der Holzverwendung und des forstlichen Managements zu einer Steigerung der Klimateffizienz bzw. weiteren Erhöhung der Speicherleistung im Wald führen. Allerdings ist die Nutzen-Risiko-Wahrnehmung sehr komplex, was einerseits durch die langen Produktionszeiträume und die diversen Risiken durch den Klimawandel bedingt ist und

andererseits durch den sehr unterschiedlichen Nutzen, den unterschiedliche Waldbesitzer haben. Dieser reicht vom Lebensunterhalt bis zum Beitrag für den Naturschutz (Jandl et al. 2016, Seidl et al. 2015). So spielen gerade bei den Kleinwaldbesitzern nicht finanzielle Aspekte, sondern die emotionale Beziehung zum Wald für die Nutzungsentscheidung die wichtigste Rolle (Jandl et al. 2016). Ähnliches gilt auch für die Holzverwendung am Bau, wo häufig – v. a. bei privaten Bauherren – ebenfalls nicht ökonomische Aspekte, sondern die Einstellung gegenüber dem Baustoff über die Verwendung entscheidet. Daher kommt einer differenzierten Analyse bestehender Einstellungen und Werte ein besonderer Stellenwert zu. Bestimmte Einstellungen und Werte können dazu führen, dass traditionelle Anreize, wie etwa finanzielle Fördermaßnahmen, bei bestimmten Segmenten von Waldbesitzern nicht wirksam sind. Bei Kleinstwaldbesitzern gilt dies v. a. für eine finanzielle Förderung pro Hektar. Hier sind neue Ansätze zur Verhaltensänderung zu entwickeln, die mehr auf die persönliche Beratung abgestellt sind und die Wertvorstellungen der Waldbesitzer berücksichtigen.

Für die nachhaltige Bewirtschaftung im Kleinprivatwald ist insbesondere die sogenannte „institutionelle Förderung“ oft sehr viel wichtiger als die Förderung von waldbaulichen Maßnahmen. Durch die vielfach sehr naturbezogene Einstellung zum Wald sind Aufklärungsmaßnahmen und eine flächendeckende intensive Beratung hier eher geeignet. Je nach Bundesland wird die Erbringung der Beratungs- und Betreuungsdienstleistungen für den Nicht-Staatswald unterschiedlich organisiert und gefördert. Einzelne Waldbesitzer wie auch forstliche Zusammenschlüsse werden bei Bedarf entweder durch spezielle öffentlich-rechtliche Einrichtungen unterstützt, wie bspw. die Landwirtschaftskammer in Niedersachsen oder die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Bayern oder die sog. Einheitsforstverwaltungen wie bspw. in Rheinland-Pfalz oder Baden-Württemberg. Die Aktivitäten letzterer waren und sind wiederholt Gegenstand von kartellrechtlichen Überprüfungen, die sich sowohl auf die gemeinsame Holzvermarktung als auch die nicht kostendeckenden Betreuungsdienstleistungen beziehen.

Unabhängig von kartellrechtlichen Erwägungen ist zu konstatieren, dass im kleinstrukturierten Privat- und Körperschaftswald wegen der ungünstigen Betriebsstrukturen eine nachhaltige Pflege und Nutzung der Wälder einschließlich der notwendigen Klimaanpassung ohne öffentliche Förderung im Bereich der Betreuung nur in wenigen Fällen gelingen wird.

4.6.4 Informationskampagne Klimaschutz für Land- und Forstwirte

Mit Informationskampagnen können Bewusstsein und Sensibilität für bestimmte Themen geschärft werden. Dies gilt für Konsumenten (s. Kap. 4.8) ebenso wie für Produzenten. Da die Klimaschutzproblematik noch nicht fest im Bewusstsein vieler Land- und Forstwirte verankert ist, könnte hier eine auf diese Zielgruppe zugeschnittene Informationskampagne ansetzen. Beispiele für bisher durchgeführte Informationskampagnen zum Klimaschutz zielten auf Hauseigentümer („Klimaschutz zahlt sich aus“) und Jugendliche („Zusammen ist es Klimaschutz“). Betreiber war

jeweils das Bundesumweltministerium. Diese Kampagnen waren jeweils maßgeschneidert für die Zielgruppe.

Die erstgenannte Kampagne zielte auf die Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien bei der Wärmegewinnung in Privathaushalten. In Tages- und Wochenzeitungen wurde mit einem eingeklebten Informationsheftchen darüber informiert, wie mit erneuerbaren Energien im Eigenheim die Umwelt entlastet und die Energiekosten gesenkt werden können. Die zur Kampagne veröffentlichte Informationsbroschüre „Die Klima-Prämie“ informierte über Förderangebote und -konditionen, Energiespartipps sowie Beratungsmöglichkeiten. Die Kampagne sollte das Vorhaben der Bundesregierung unterstützen, bis zum Jahr 2020 den Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung in Gebäuden auf 14 % zu erhöhen.

Die Kampagne „Zusammen ist es Klimaschutz“ wurde wenige Wochen vor dem Klimagipfel der UN in Lima gestartet. Mit der Zielgruppe „Jugendliche“ war die Kampagne darauf angelegt, sich vornehmlich über das Internet und soziale Medien zu verbreiten. Sie zielte auf den Dialog mit jungen, internetaffinen Menschen, die sie für Klimaschutz interessieren und zum Mitmachen motivieren wollte. Auf einer zentralen Internetseite wurden die verschiedenen Kampagnen-Elemente präsentiert: drei kurze Filmspots, die den Klimaschutz auf unterhaltsame Art thematisieren; Videoclips, die jugendliche Blogger porträtieren, die aus ihrem bewusst umweltfreundlich gestalteten Leben erzählen. Die Kampagne war auf vier Wochen begrenzt. Sie wurde von zwei Werbeagenturen durchgeführt und kostete rund 1,5 Mio. €.

4.7 Selbstverpflichtungen

Ein Instrument, das in der Klimaschutzpolitik schon früh eine Rolle spielte, ist die Selbstverpflichtung.⁹⁸ Aus umweltökonomischer Sicht sind Selbstverpflichtungen eine Kooperationslösung, die sowohl Kooperation zwischen dem Staat und einer Branche als auch Kooperation zwischen den Unternehmen innerhalb einer Branche umfassen. Je nach staatlicher Eingriffstiefe lassen sich verschiedene Formen von Selbstverpflichtungen unterscheiden (vgl. Zerle 2004). Die geringste Eingriffstiefe hat eine „einseitige Erklärung“ einer Branche, die nicht auf Verhandlungen mit dem Staat beruht. Der Begriff der „freiwilligen Selbstverpflichtung“ wird hingegen typischerweise für Fälle verwendet, denen Verhandlungen mit dem Staat vorangegangen sind. Sie ist jedoch ebenso wie die einseitige Erklärung nicht rechtsverbindlich, daher der Begriff „freiwillig.“ Selbstverpflichtungen können jedoch auch vertraglich vereinbart oder umweltrechtlich flankiert werden. In diesem Fall verzichtet der Staat explizit auf die Anwendung ordnungsrechtlicher Maßnahmen, wenn die Selbstverpflichtung umgesetzt wird.

⁹⁸ Die Klimaschutzvereinbarung, die der Bundesverband der deutschen Industrie 1996 stellvertretend für 19 Industrieverbände mit der Bundesregierung vereinbart hatte, stellt ein Beispiel für dieses Instrument dar (Zerle 2004).

Freiwillige Selbstverpflichtungen haben prinzipiell ähnliche Vorteile wie andere freiwillige Instrumente: Sie sind politisch leichter durchsetzbar als ordnungspolitische Maßnahmen. Bei der Selbstverpflichtung werden außerdem üblicherweise die mit der Umsetzung verbundenen Kosten, mit Ausnahme der Kosten, die für die Überprüfung der Einhaltung anfallen, von den betreffenden Wirtschaftsakteuren selbst übernommen. Ein Anreiz für freiwillige Selbstverpflichtungen entsteht allerdings v. a. dann, wenn die Wirtschaftsakteure davon ausgehen, dass der Staat ordnungspolitische Maßnahmen plant. Sie finden also meist „im Schatten“ ordnungspolitischer Maßnahmen statt („*in the shadow of regulation*“). Grundsätzlich eignen sich Selbstverpflichtungen nur für Wirtschaftsbereiche, in denen ein erheblicher Teil der betreffenden Unternehmen in einem Verband organisiert sind, der die entsprechende Selbstverpflichtung abgeben kann, oder wenn es um stark konzentrierte Branchen geht. Eine besondere Herausforderung dieses Instruments besteht darin, dass die beteiligten Wirtschaftsakteure das Problem des kollektiven Handelns überwinden müssen. Jedes Unternehmen in der beteiligten Branche hat einen Anreiz, sich als Trittbrettfahrer zu verhalten, d. h. eigene Anstrengungen zu unterlassen aber von denen anderer zu profitieren. Je größer die Anzahl der beteiligten Unternehmen, umso gravierender ist diese Herausforderung. Für die landwirtschaftliche Primärproduktion erscheint eine Selbstverpflichtung daher nicht als geeignetes Instrument, auch wenn der Organisationsgrad der Betriebe in den Bauernverbänden hoch ist. Für den vor- und nachgelagerten Bereich der Landwirtschaft und für Lebensmittelindustrie und Lebensmittelhandel kommt die Selbstverpflichtung allerdings prinzipiell als Instrument infrage. Für konsumnahe Unternehmen ist eine Selbstverpflichtung tendenziell leichter umzusetzen, da ihre Umstellungsflexibilität größer ist als die rohstoffnaher Unternehmen.

4.8 Verbraucherseitige Politikinstrumente: Möglichkeiten der Beeinflussung von Konsumverhalten, Zugang zu Lebensmitteln

Maßnahmen zu THG-Minderungen durch eine Veränderung des Lebensmittelkonsums werden typischerweise als sehr komplex oder unpopulär angesehen. Sie wurden bisher von staatlicher Seite kaum initiiert oder umgesetzt. Im Vergleich z. B. zu den USA, Großbritannien oder Skandinavien ist die öffentliche, zivilgesellschaftliche und politische Diskussion um die Notwendigkeit, steuernd auf Konsumententscheidungen der Bürger einzuwirken, in Deutschland bisher kaum geführt worden. Das Wissen um die Relevanz moderner verhaltenspsychologischer und verhaltensökonomischer Forschung für diese Fragen ist im politischen Raum gering. Dies gilt insbesondere für neue Steuerungsoptionen.

Diese Verknüpfung von schwacher Themenpräsenz, politischen Grundsatzbedenken gegen Interventionen im Konsum und geringem Steuerungswissen hat eine Patt-Situation zur Folge (s. Abb. 4.1): Es besteht ein Mangel an empirischer Evidenz bezüglich der Effektivität von Maßnahmen zur Veränderung des Lebensmittelkonsums. Dieses Fehlen von „bewährten“ Maßnahmen führt dazu, dass von staatlicher Seite nur wenige Maßnahmen initiiert werden. Dies führt wiederum dazu,

dass keine Evidenzbasis zur Effektivität von Maßnahmen aufgebaut wird und das Problembewusstsein in der Bevölkerung gering bleibt.

Abbildung 4.1: Patt-Situations-Zyklus



Anm.: *Fokus liegt derzeit auf "small scale"-Studien.

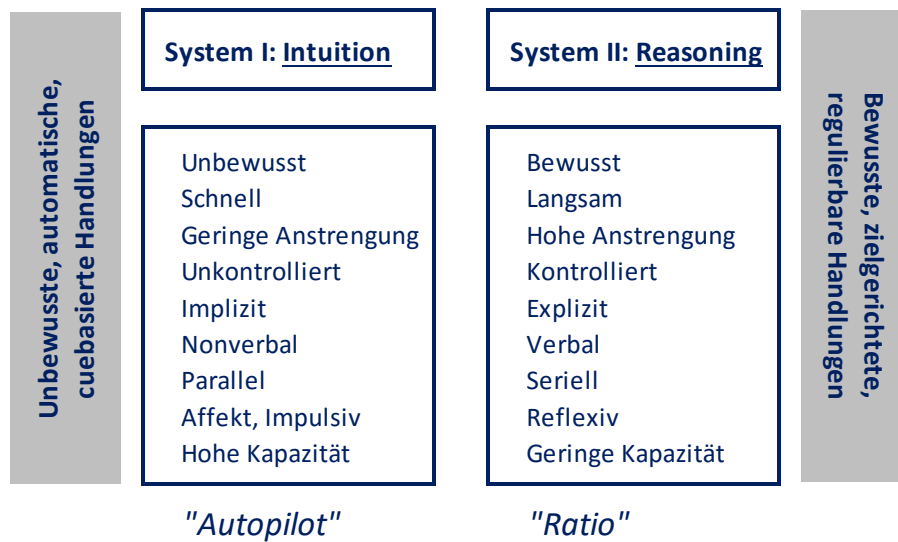
Quelle: Garnett et al. (2015), Wellesley et al. (2015).

Obwohl Studien belegen, dass das Ernährungs- und Einkaufsverhalten einen deutlichen Einfluss auf die Treibhausgasbilanz haben kann (s. Kap. 2.4), gibt es bisher wenige Maßnahmen, die versuchen, das emissionsrelevante Verhalten von Konsumenten gezielt zu steuern. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher auf Instrumente zur Beeinflussung des Konsumentenverhaltens im Hinblick auf eine gesündere Ernährung. Hieraus können wiederum Rückschlüsse auf die Möglichkeiten zur Beeinflussung des emissionsrelevanten Verhaltens gezogen werden.

Das Verhalten von Konsumenten wie die Auswahl von Lebensmitteln oder das Essverhalten werden durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Ansätze aus den Entscheidungs- und Verhaltenswissenschaften beschreiben insbesondere zwei verschiedene Steuerungssysteme des Verhaltens: ein bewusstes und ein unbewusstes Steuerungssystem (s. Abb. 4.2 und z. B. Epstein 1994, Strack und Deutsch 2004, Kahneman 2011). Diese können illustrativ auch als „Ratio“ und „Autopilot“ bezeichnet werden. Zahlreiche empirische Arbeiten zeigen, dass das Verhalten zum einen durch bewusste, explizite Prozesse und zielgerichtete Entscheidungen (System II, Kahneman 2011) und zum anderen durch automatische, implizite bzw. unbewusste Prozesse sowie Gewohnheiten gesteuert wird (System I; Kahneman 2011). Bewusste, explizite Handlungen erfolgen reflektiert, d. h. diese Entscheidungen und Handlungen sind zielgerichtet. Die Motivation und Konsequenzen sind den Handelnden in der Regel bewusst und können reguliert werden (diese

können verändert oder unterbrochen werden). Dagegen erfolgen Gewohnheiten sowie automatische Verhaltensweisen vorwiegend ohne bewusste Reflektion und in Reaktion auf Umweltreize und Situationen (Marteau et al. 2012).

Abbildung 4.2: Die zwei Verhaltenssteuerungssysteme



Quelle: Nach Kahneman (2011) aus Renner (2015).

Die beiden Verhaltenssteuerungssysteme bieten entsprechend unterschiedliche Ansatzmöglichkeiten zur Verhaltensveränderung (Rothman et al. 2009, Marteau et al. 2012, Renner 2015). Empfehlungen, Informationsdarbietung und Produkt-Labeling zielen in erster Linie auf das bewusste, explizite Verhaltenssteuerungssystem ab, da das Ziel der Verhaltensänderung (z. B. gesündere oder klimafreundlichere Ernährung) für die Zielgruppe erkennbar ist und eine zielgerichtete Steuerung des Verhaltens beinhaltet. Neben diesen „expliziten“ Ansätzen, die ein zielgerichtetes Verhalten der Konsumenten erfordern, sprechen „implizite“ Ansätze, wie z. B. die Veränderung von Portionsgrößen, die Verfügbarkeit von Verhaltensoptionen, *Nudging* (d. h. Veränderung der Entscheidungsarchitektur und Verhaltensoptionen in einem bestimmten Kontext) oder *Priming* (d. h. die unbewusste Aktivierung spezieller Assoziationen und Gedächtnisinhalte) hingegen stärker das unbewusste, implizite Verhaltenssteuerungssystem an, da keine zielgerichtete Verhaltensregulation erfolgen muss. Die Unterteilung in explizite und implizite Ansätze zur Verhaltensänderung ist in erster Linie heuristisch, denn der Übergang zwischen beiden Formen ist oft fließend. So können explizite Interventionen zur Verhaltensveränderung neben dem eigentlich beabsichtigten Effekt wie Verbesserung des Wissens oder Verringerung bzw. Erhöhung des Konsums bestimmter Lebensmittel auch (unerwünschte) implizite Effekte auslösen.

4.8.1 Explizite Ansätze zur Verhaltensänderung

4.8.1.1 Informationsappelle

Die am häufigsten verwendete Interventionsstrategie bilden edukative Ansätze wie Informationsappelle, die in erster Linie Wissen vermitteln sollen (siehe z. B. Informationen auf der Vorderseite der Verpackung, „*front-of-pack labels*“ (FOP)). Informationsbasierte Ansätze zur Verbrauchersteuerung können sehr effektiv sein. Aus psychologischer Perspektive kann die in der Praxis zu findende Vielfalt von Informationen und Informationskampagnen hinsichtlich drei verfolgter Ziele eingeteilt werden: (1) Informationsdarbietung, (2) Veränderung von ernährungs- und konsumbezogenen Einstellungen und Überzeugungen (z. B. der Risikowahrnehmung) und (3) Veränderung des Verhaltens (Brewer 2011, Renner und Gamp 2014).

Das nächstliegende Ziel ist die Darbietung von Informationen. Diese erfolgt häufig unspezifisch, d. h. die Zielgruppe und die angestrebte Wirkung sind nicht klar definiert (*Just-say-it*-Methode, Brewer 2011). Bei dieser Maßnahme wird implizit angenommen, dass sie desto besser und genauer sei, je mehr Informationen dargeboten würden (z. B. im Rahmen eines Haftungsausschlusses bei Einverständniserklärungen und Beipackzetteln). Wenn die Informationen jedoch nicht nach ihrer Relevanz, Verständlichkeit und Nützlichkeit für die Verbraucher ausgewählt werden, ist nicht zu erwarten, dass die Informationen beachtet oder erinnert werden und einen Effekt haben. Unspezifische und schwer verständliche Informationen werden in den meisten Fällen ignoriert und können unter Umständen zur Ablehnung oder Reaktanz⁹⁹ führen. Empfehlenswert ist deshalb, dass Informationsdarbietung immer an den Rezipienten orientiert ist und mit einer spezifischen Zielsetzung erfolgt. Verschiedene Studien zeigen, dass die Verbraucher eine einfache und konsistente Informationsdarbietung positiv bewerten und auch die entsprechenden Produkte einfacher identifizieren können (im Überblick Hersey et al. 2013).

Eine weitere Zielsetzung von Informationsvermittlung ist es, die Wahrnehmung oder Einstellungen der Verbraucher zu ändern. Durch die Vermittlung von Sachverhalten (Sach- und Informationsappelle) wird es den Verbrauchern ermöglicht, eine akkurate Einschätzung der Fakten und Sachlage vorzunehmen, wie z. B. Gesundheitsrisiken einzuschätzen (Risikowahrnehmung bzw. *Risk Perception*, Renner und Schupp 2011) oder eine informierte Entscheidung zu treffen. Solche Formen der Entscheidungsfindung sind insbesondere im Rahmen von Lebensstilveränderungen relevant. Nutzen und Risiken von Lebensstil- oder Verhaltensänderungen für den individuellen Verbraucher können nicht nur unter normativen oder medizinischen Gesichtspunkten bewertet

⁹⁹ Psychologische Reaktanz (Brehm 1966) ist der Widerstand gegen Einschränkungen der individuellen Meinungs-, Entscheidungs- und Handlungsfreiheit. Dieser aversive motivationale Zustand ist umso ausgeprägter, je stärker und weitreichender die wahrgenommene Einschränkung oder Beeinflussung ist. Reaktanz motiviert Verhalten, das darauf gerichtet ist, die wahrgenommenen Einschränkungen zu umgehen oder zu reduzieren und kann letztlich auch zur völligen Ablehnung der als einschränkend wahrgenommenen Maßnahme führen.

werden, sondern diese sind auch in Abhängigkeit von den persönlichen Werten und Einstellungen des jeweiligen Verbrauchers unterschiedlich zu bewerten. So mag sich eine Person für eine Verhaltensänderung entscheiden, weil sie den Nutzen höher als die Nachteile bewertet, während sich eine andere Person mit vergleichbarem Merkmalsprofil gegen die Verhaltensänderung entscheidet, da sie nicht gewillt ist, die Nachteile oder Risiken in Kauf zu nehmen. Zentraler Bestandteil dieser Form der Informationskommunikation sind deshalb Sachinformationen oder Informationsappelle, die z. B. den Zusammenhang zwischen einem bestimmten Konsummuster und gesundheitlichen Konsequenzen verständlich darstellen und erklären. Die Informationen sollten dabei für die Verbraucher nach Nützlichkeit und Wichtigkeit für eine informierte Entscheidungsfindung selektiert (d. h. nicht persuasiv¹⁰⁰) sowie verständlich dargestellt werden, um akkurate bzw. verzerrungsfreie Einschätzungen und informierte Entscheidungen zu ermöglichen. Welche Entscheidungen oder Verhaltensweisen die Verbraucher letztlich wählen, liegt damit in ihrem persönlichen Ermessen. Dies hat klare Implikationen für die Evaluierung von Sach- und Informationskommunikation. Während die gewählten Handlungsoptionen wenig über die Effektivität der Informationskommunikation aussagen, stellen eine hohe und verzerrungsfreie Erinnerungsrate der dargebotenen Informationen sowie ein umfassendes Verständnis der Sachlage geeignete Indikatoren zur Evaluierung einer gelungenen Informationsvermittlung dar. Mit Bezug zum Klimaschutz könnte das z. B. bedeuten, dass durch eine effektive Informationskampagne die Verbraucher Unterschiede der Klimawirksamkeit der Produktion verschiedener Lebensmittel (z. B. pflanzlicher oder tierischer Herkunft, von Wiederkäuern oder Monogastriern) benennen können.

Ein weiteres Ziel der Informationsvermittlung kann die Verhaltensänderung sein, basierend auf der Annahme, dass es ein bestimmtes, wünschenswertes Verhalten gibt (z. B. den Obst- und Gemüsekonsum zu erhöhen). Die Verbesserung des Wissens führt aber nicht zwangsläufig auch zu einer Veränderung des Verhaltens (siehe z. B. Waterlander et al. 2013). Dafür gibt es sicherlich eine ganze Reihe von Gründen (siehe z. B. Renner und Gamp 2014), wobei ein naheliegender ist, dass sich zwar das Wissen, aber nicht die Präferenzstruktur positiv verändert hat. Für eine stärkere Verhaltenswirksamkeit von Informationen ist es notwendig, diese mit dem Ziel zu selektieren und darzustellen, die Auftrittswahrscheinlichkeit eines erwünschten Verhaltensmusters zu maximieren. Die Informationsselektion und -darstellung erfolgt in diesem Fall persuasiv. Es werden deshalb nicht nur Sachinformationen dargeboten, sondern auch emotional wirksame Informationen wie z. B. Furchtappelle, die Wissen über und Furcht vor Gesundheitsrisiken induzieren sollen. Ferner sind solche Informationen motivational wirksamer, die möglichst viele Anknüpfungspunkte zu dem persönlichen Konsumverhalten oder Werten und Einstellungen bieten, also einen hohen Selbstbezug aufweisen. Der Selbstbezug der dargebotenen Informationen ist zentral, da aus psychologischer Perspektive ein entscheidender Unterschied darin besteht, wie die Verbraucher den allgemeinen gesundheitlichen Nutzen und die Risiken eines bestimmten Lebensstils einschätzen (allgemeine Nutzen- und Risikowahrnehmung) und wie sie den eigenen Nutzen und ihre ei-

¹⁰⁰ Persuasive Kommunikation zielt darauf ab, Verhalten vorsätzlich in eine bestimmte Richtung zu lenken (Merten 2015).

gene Gefährdung aufgrund eines bestimmten Lebensstils einschätzen (selbstbezogene Nutzen- und Risikowahrnehmung). So geht insbesondere eine selbstbezogene Nutzen- und Risikowahrnehmung mit einer höheren Motivation für Verhaltensänderungen einher (Renner und Schupp 2011).

Neben diesen expliziten und intendierten Effekten auf Wissen, Einstellungen und Verhalten können Informationen und Label unerwünschte implizite Effekte haben. Dies gilt insbesondere für solche, die Produkte als „gesund“ kennzeichnen. So kann „gesund“ implizit mit „schmeckt nicht“ assoziiert werden, wie Studien mithilfe des *Implicit Association Test* (IAT) zeigen (Raghunathan et al. 2006). Gleichzeitig wird „gesund“ teils mit einer geringeren Kaloriendichte assoziiert, was einen „*health halo*“-Effekt zur Folge haben kann (Chandon und Wansink 2007). *Health-halos* führen dazu, dass der Kaloriengehalt von hochkalorischen Lebensmitteln, die als „gesund“ bezeichnet werden, unterschätzt wird und mehr Kalorien während sowie nach der Mahlzeit konsumiert werden, ohne dass dies den Verbrauchern bewusst ist.

4.8.1.2 THG-Labeling

Zahlreiche empirische Erhebungen zeigen eine beachtliche Präferenz der Verbraucher für Produkte mit niedriger Klimabelastung (Vanclay et al. 2011, Onozaka et al. 2012, Michaud et al. 2012). Zugleich verweisen Pilotstudien auf große THG-Unterschiede zwischen funktionell äquivalenten Lebensmitteln (Shewmake et al. 2015).¹⁰¹ Intuitive Einschätzungen der Klimarelevanz sind für Verbraucher wie für institutionelle Abnehmer schwierig, sodass ein Label, das am Produkt erkennbar die Vertrauenseigenschaft¹⁰² „Klimabelastung“ ausweist, prinzipiell ein wichtiges Instrument einer marktorientierten Klimaschutzpolitik sein könnte. Durch die Präsenz auf Produktverpackungen, die bei Lebensmitteln das wichtigste Kommunikationsinstrument darstellen, könnte zugleich eine Sensibilisierung der Konsumenten für den Zusammenhang zwischen Lebensmittelkonsum und Klimawandel erreicht werden.

Allerdings hat sich der auf den ersten Blick überzeugende Ansatz eines *Carbon-Footprints* auf Basis eines *Life-Cycle-Assessments* in den vergangenen Jahren als ausgesprochen komplex und für den Lebensmittelbereich derzeit als kaum durchführbar erwiesen.

In einer gemeinsamen Stellungnahme der Wissenschaftlichen Beiräte für Verbraucher- und Ernährungspolitik sowie für Agrarpolitik des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (WBVE und WBA 2010) zu einer „Politikstrategie *Food Labelling*“ haben

¹⁰¹ Große Unterschiede bestehen auch hinsichtlich der Relevanz der verschiedenen Wertschöpfungsstufen (Landwirtschaft, Verpackung, Transport etc.; Svanes et al. 2013).

¹⁰² Vertrauenseigenschaften sind Eigenschaften, deren Vorhanden- oder Nichtvorhandensein der Käufer weder vor noch nach dem Kauf überprüfen kann.

die Beiräte herausgearbeitet, dass ein wissenschaftlich haltbares, aussagekräftiges und für Konsumenten verständliches Labelling eine Vielzahl von Faktoren berücksichtigen müsste (s. nächster Absatz) und dass existierende Label bzw. Labelling-Systeme diesen Ansprüchen weitestgehend nicht genügen. Es fehlt eine erkennbare Langfristorientierung („Strategie *Food Labelling*“). Die Vielzahl an nicht abgestimmten Einzellabeln, die unzureichende Umsetzung, ein geringer Bekanntheitsgrad auch vieler staatlicher Label und ein teilweise misslungenes Design z. B. vieler EU-Label führen zu dem, was umgangssprachlich unter dem Begriff „Label-Dschungel“ diskutiert wird. Die Beiräte haben vor diesem Hintergrund für ein stärkeres Engagement der Politik und für ein übergreifendes Dachlabel plädiert, in das verschiedene wichtige Themenfelder in separater Form integriert sind.

Spezifisch für die Dimension Umweltschutz betonten die Beiräte die Bedeutung des *Life Cycle Assessments* (*Cradle-to-grave*-Konzept) als Analysetool. Sie weisen aber auch auf den derzeit noch fehlenden gesellschaftlichen Konsens über eine Gewichtung der verschiedenen Umweltschutzdimensionen untereinander hin. Sie empfahlen daher, die Klimadimension zunächst getrennt auszuweisen und nicht in ein Gesamtumweltlabel zu integrieren (WBVE und WBA 2010: 20). Dafür wäre ein *CO₂-Footprint*-Ansatz naheliegend.

Einer kurzfristigen Umsetzung eines *CO₂-Footprint-Labels* standen die Beiräte 2010 allerdings aufgrund der fehlenden produktgruppenspezifischen Berechnungsregeln (der sog. *Product Category Rules*, PCRs) und der unvollständigen Basis-Datenbanken zu Energieverbräuchen, Standardstoffströmen etc. skeptisch gegenüber. Diese skeptische Einschätzung teilen der WBAE und der WBW auch in dem vorliegenden Gutachten. Es gibt hohe Anforderungen an die zugrunde liegenden Emissions- und Energie-Basisdatenbanken und an die Standardisierung der Methodik (WBVE und WBA 2010). Das Handelsunternehmen Tesco, das 2007 *Carbon Footprints* für seine rund 70.000 Artikel angekündigt hatte, stellte dieses Vorhaben 2012 aufgrund der hohen Kosten wieder ein. Ähnlich verlief die Diskussion in Frankreich, wo über ein verpflichtendes *CO₂*-Label nachgedacht wurde. Kleine Unterschiede in den Annahmen (z. B. bezüglich des Umgangs mit Kuppelprodukten) können die Ergebnisse deutlich verändern. Aus diesem Grund ist ein hoher Standardisierungsgrad für die jeweiligen Produktkategorien notwendig, der unter dem Begriff *Product Category Rules* diskutiert wird (WBVE und WBA 2010, Rugani et al. 2013, Wu et al. 2014b). Dieser wird aber von den vorliegenden Standards wie PAS 2050 oder ISO 14067 nicht geleistet. Zahlreiche Forschungsarbeiten zum *Life-Cycle-Assessment* zeigen die hohe Bedeutung der Systemgrenzen für das Ergebnis, sodass hier aus Vergleichbarkeitsgründen eine Festlegung erfolgen muss. Sinnvoll ist dabei der *Cradle-to-grave*-Ansatz, der allerdings die Anforderungen an die Datenverfügbarkeit weiter erhöht (Wu et al. 2014a).

Empirische Studien zeigen zudem, dass der *CO₂-Footprint* für Konsumenten schwierig zu verstehen ist (WBVE und WBA 2010, Upham 2011, Gössling und Buckley 2016). Dies gilt z. B. wenn die *CO₂*-Last in kg größer ist als das Produktgewicht (Boardman 2008). Die Angabe von Kilogramm ist für viele Konsumenten dann nicht intuitiv verständlich. Insgesamt ist der *CO₂-Footprint* eher naturwissenschaftlich-technisch ausgerichtet (Hartikainen et al. 2014), der Wert bietet wenig emo-

tionale Ansprache. Vanclay et al. (2011) testeten vor diesem Hintergrund erfolgreich ein modifiziertes Ampelsystem mit schwarz für besonders hohe Carbon-Belastung. Sinnvoll könnte ggf. auch ein Benchmarking sein, bei dem der Durchschnittswert der Produktgruppe zum Vergleich angegeben wird. Solche Vergleichswerte sind für Verbraucher als Ankergrößen zur Einordnung wichtig. Für eine vergleichende, kategorisierende Form spricht auch die inhärente Ungenauigkeit der CO₂-Angaben durch Datenprobleme und Schätzwerte bei der Erhebung des *Footprints*, sodass hier Scheingenauigkeiten vermieden werden sollten (Henriksson et al. 2015).

Das entscheidende Problem beim CO₂-*Footprint* für Lebensmittel ist jedoch die Schwierigkeit, THG-Emissionen auf Ebene der landwirtschaftlichen Einzelbetriebe und/oder Produktgruppen zu erheben (siehe hierzu auch die Ausführungen zu den Schwierigkeiten der Einbeziehung der Land- und Forstwirtschaft in den Emissionsrechtehandel, Kap. 4.1.2). In Abhängigkeit von Standort (Boden), Düngung, Fütterung, eingesetzten Tierrassen, Ausgestaltung von Kuppelproduktionsprozessen etc. können landwirtschaftliche THG-Emissionen um beachtliche Größenordnungen voneinander abweichen. Da aber große Molkereien oder Schlachtbetriebe bis zu 10.000 landwirtschaftliche Lieferanten aufweisen, wird die Herausforderung einzelbetrieblicher Datenerhebungen offensichtlich. Schließlich ist die Kontrollierbarkeit der Messungen auf landwirtschaftlicher Ebene kaum zu gewährleisten.

Ein Vorgehen auf Basis standardisierter Durchschnittswerte für die landwirtschaftliche Stufe ist keine Alternative. Dies würde wesentliche Treiber und Differenzierungen außen vorlassen und im Ergebnis einen (zu) groben Näherungswert ergeben, der nicht wesentlich über vorliegende Musterberechnungen für eine Produktkategorie hinausgeht. Der Aufwand würde in keinem sinnvollen Verhältnis zu den damit gewonnenen Steuerungsmöglichkeiten stehen. Vor diesem Hintergrund empfehlen die Beiräte eine Intensivierung der Arbeiten an ernährungsspezifischen PCRs und an Erhebungsmethoden auf der landwirtschaftlichen Ebene. Es müssten wahrscheinlich typische landwirtschaftliche Prozesse und Treiber identifiziert und berechnet werden, die hinreichend valide *Footprints* ermöglichen, ohne auf der Ebene der einzelnen landwirtschaftlichen Betriebe detailliert messen zu müssen. Ob dies gelingen kann, ist derzeit noch vollkommen offen. Neben grundlegenden Forschungsarbeiten sind hier internationale Normierungsanstrengungen zu forcieren.

Als Übergangslösung könnten folgende Klimalabel diskutiert werden:

- Besonders klimaschonende Produktalternativen innerhalb einer Produktkategorie könnten auf freiwilliger Basis mit einem Positivlabel für Klimaschutz ausgezeichnet werden (wobei die Produktkategorien wohlüberlegt definiert werden müssen, was bei Lebensmitteln aufgrund vielfältiger Substitutionsbeziehungen schwieriger als bei technischen Gebrauchsgütern ist). Dies erfolgt in Deutschland für einige Produktgruppen durch den „Blauen Engel“, vergeben vom Umweltbundesamt, auf EU-Ebene durch ein vergleichbares EU-Logo („Umweltblume“). Beide werden derzeit nicht für Lebensmittel verwendet. Beide Zeichen weisen darüber hinaus große konzeptionelle Probleme auf und sind kaum verbreitet.

- Sinnvoll könnten auch Negativlabel (Warnhinweise) für vergleichsweise besonders ungünstige Produkte sein (Corvalán et al. 2013). Da diese nicht freiwillig genutzt würden, müsste es sich um ein staatliches, verpflichtendes Label handeln. Wie die Erfahrungen z. B. bei der Eierkennzeichnung zeigen, können solche Negativlabel deutliche Marktwirkungen entfalten (Nishino et al. 2014). Sie stoßen aber in der Regel auf heftige Widerstände im Politikprozess. Zudem ist bei Lebensmitteln wiederum die schwierige Frage der Vergleichsbasis festzulegen.
- Freiwillige Klima-Kompensationslabel/*Voluntary Carbon-offset-Label* (wie „Atmosfair“; Gössling et al. 2007): Diese kennzeichnen Produkte, bei denen Anbieter oder Kunden (z. B. Flugpassagiere) freiwillig einen von den jeweiligen THG-Emissionen abhängigen Klimaschutzbeitrag an eine Labelorganisation zahlen, den diese dazu verwendet, über den Ausbau erneuerbarer Energien, Aufforstungsprojekte u. Ä. an anderer Stelle THG-Emissionen zu vermeiden (bzw. die Kohlenstofffestlegung zu fördern). Dies geschieht in der Regel über einen Zertifikatehandel, auf dem verschiedene Anbieter tätig sind, die Emissionsminderungsprojekte nach unterschiedlichen Standards zertifizieren (s. Kap. 4.1.3). Kompensationslabel finden sich bisher schwerpunktmäßig bei besonders klimaproblematischen Angeboten wie z. B. Flugreisen, was auf die mögliche (bisher aber wenig erforschte) Gefahr von *Rebound*-Effekten („Ablasshandel“ statt Konsumreduktion) hinweist.

Insgesamt sollte die Politik die möglichen Effekte von Labeln nicht überschätzen. Lebensmittelkonsum ist eine komplexe, häufig habitualisierte Entscheidung. Label wirken hier nur langsam. Dies trifft für ein kompliziertes Thema wie die Klimabelastung besonders zu. Zwar ist den meisten Menschen das Thema wichtig, der Nexus zum Lebensmittelkonsum ist aber bisher wenig verankert. Vorhandene Pilotlabel sind den meisten Verbrauchern bisher nicht bekannt (van Loo et al. 2014). Forschungen zeigen, dass staatliche Label im Vergleich zu privaten grundsätzlich über ein höheres Vertrauen bei den Verbrauchern verfügen (Sønderskov und Daugbjerg 2011). Für ein staatliches Label spricht auch, dass es vielfältige Wahlmöglichkeiten bei der Datenerhebung und Zuordnung gibt, sodass die Berechnung des *CO₂-Footprints* erhebliches Manipulationspotenzial bietet. Allerdings ist der Staat auf nationaler wie auf EU-Ebene beim Thema Labeling bisher nicht sehr erfolgreich vorgegangen (WBVE und WBA 2010).

Die Bedeutung des *CO₂-Footprints* ist für langlebige, technische Gebrauchsgüter wie Haushaltsgeräte, Autos oder Unterhaltungselektronik noch wichtiger als für Lebensmittel, da hier wenige Kaufentscheidungen hohe Klimaeffekte bewirken. Durch die hohe Standardisierung der Produktion ist die Berechnung in solchen Warengruppen zudem einfacher, sodass vieles dafür spricht, in diesen Warengruppen zu starten und nicht in der aufgrund der Vielzahl der kleinbetrieblichen Produzenten und lokalen Anbauvoraussetzungen besonders komplexen Land- und Ernährungswirtschaft. Wenn die zuvor genannten Herausforderungen im Lebensmittelbereich gelöst werden können, dann sollten langfristig die in anderen Warengruppen entwickelten Konzepte auf den Food-Bereich übertragen werden, sodass es nur ein identisches Klimalabel für alle Warengruppen gibt.

4.8.1.3 Einschränkung von Verhaltensorptionen

Eine andere explizite Strategie zur Verhaltensänderung besteht darin, die Möglichkeiten für oder den Anreizwert von bestimmten Verhaltensorptionen einzuschränken. Empirische Studien zeigen, dass Verbote substanzielle und dauerhafte Effekte auf der Verhaltensebene bewirken können (siehe z. B. Fichtenberg und Glantz (2002) zur Wirksamkeit von Rauchverboten am Arbeitsplatz). Bei komplexen Verhaltensweisen wie dem Ernährungsverhalten können Verbote und Restriktionen jedoch neben den direkten Effekten, der Konsumverringering des „Zielprodukts“, auch (unerwünschte) indirekte Effekte haben. Erste Daten zeigen z. B., dass ein Verkaufsverbot von zuckerhaltigen Softdrinks in Schulen zwar den Zugang zu diesen Produkten verringerte, aber dennoch der Gesamtkonsum dieser Getränke bei den Schülern unverändert blieb, da die Restriktion durch ein verändertes Verhalten kompensiert wurde (Taber et al. 2012, 2014, s. aber Cullen et al. 2008). Ferner lösen Verbote aufseiten der Betroffenen oft Reaktanz aus, was mit erheblichen Folgekosten einhergehen kann und auch die Frage aufwirft, was eine Gesellschaft regulieren kann und darf.

Weniger restriktiv, aber dennoch verhaltenseinschränkend, sind Preiserhöhungen für bestimmte Produkte (Smith 2012, s. a. Kap. 4.2.3). Preiserhöhungen führen in der Regel tatsächlich zu einer Reduktion in den Verkaufszahlen, allerdings ist hier die Sensitivität der Verbraucher in Bezug auf Preisveränderungen bei Lebensmitteln zu beachten (Smith 2012, s. dazu auch Andreyeva et al. 2010). Neben dem beabsichtigten Effekt, der Reduktion in den Verkaufszahlen der nun teureren Lebensmittel (einschl. Getränke) können Preiserhöhungen aber auch unerwünschte implizite Effekte auslösen (s. Kap. 4.2.3). Aus Gerechtigkeitsperspektive ist zu beachten, dass im Gegensatz zu Verboten, die alle Konsumenten gleichermaßen betreffen, Preiserhöhungen sich v. a. auf arme Menschen auswirken, die einen relativ hohen Anteil ihres Einkommens für Lebensmittel ausgeben, während gut situierte Konsumenten von Preiserhöhungen vergleichsweise weniger stark betroffen sind.

4.8.1.4 Anreize

Im Gegensatz zur Restriktion zielt der „*Incentive*“-Ansatz darauf ab, den Anreizwert von bestimmten Verhaltensorptionen zu erhöhen. Auch hier zeigen verschiedene Untersuchungen, dass durch einen Preisnachlass oder Gutscheine der Kauf von niedrigkalorischen Lebensmitteln gesteigert werden kann. Waterlander et al. (2013) verglichen in einer randomisierten Interventionsstudie den Effekt eines Preisnachlasses um 50 % bei Obst und Gemüse und einer Ernährungsberatung auf das Kaufverhalten in verschiedenen holländischen Supermärkten. Im Vergleich zur Kontrollgruppe kauften die Mitglieder der Preisnachlassgruppe in den ersten sechs Monaten der Intervention im zweiwöchigen Durchschnitt 5,3 kg mehr Obst und Gemüse ein. Die Ernährungsberatung erbrachte hingegen keinen signifikanten Zuwachs. Wurde diese jedoch mit dem Preisnachlass kombiniert, fand sich ein Plus von 5,6 kg pro zwei Wochen. Allerdings ebte der Effekt nach drei Monaten ab. Weiterhin deuten Studien, die zusätzlich das Kaufverhalten für hochkalorische

„ungesunde“ Lebensmittel erfassen, darauf hin, dass durch einen Preisnachlass bei niedrigkalorischen „gesunden“ Lebensmitteln eingespartes Geld möglicherweise kompensatorisch für den Kauf von hochkalorischen „ungesunden“ Lebensmitteln eingesetzt wird (s. Epstein et al. 2012, Waterlander et al. 2012).

Der Anreizwert einer Verhaltensweise lässt sich allerdings nicht nur durch monetäre, sondern auch durch soziale Konsequenzen erhöhen, die teilweise sogar wirksamer sein können, wie in einer randomisierten kontrollierten Studie zur Gewichtsabnahme mit 105 adipösen Personen gezeigt wurde (Kullgren et al. 2013). Die Idee, soziale Anreize in Form von Spieleprinzipien, wie z. B. der symbolischen Belohnungen für die Erreichung von Zielen, zur Verhaltensänderung einzusetzen („*Gamifikation*“), findet immer mehr Anwendung im Gesundheitsbereich und stellt eine zusätzliche Strategie dar, denn Verhalten, das explizite und implizite Funktionen hat (Gesundheit, soziale Zugehörigkeit und Anerkennung), wird mit einer höheren Wahrscheinlichkeit gezeigt und eher langfristig aufrechterhalten.

4.8.2 Implizite Ansätze zur Verhaltensänderung

Veränderungen von Kontexten und Situationen können das Verhalten verändern, ohne dass eine explizite Regulation aufseiten der Verbraucher erfolgen muss. Der Vorteil solcher sogenannter Settingansätze¹⁰³ besteht darin, dass nicht nur interessierte bzw. gesundheitsaffine, sondern auch andere Bevölkerungskreise erreicht werden können. Im Hinblick auf die gesamtgesellschaftliche Wirkung ist beim Settingansatz von einem großen Veränderungspotenzial auszugehen – sowohl in Bezug auf Klimaschutz als auch auf Gesundheitsförderung. So haben verschiedene bundesweite Erhebungen deutlich gemacht, dass in der Gemeinschaftsverpflegung nach wie vor Fleisch und Fleischerzeugnisse zu häufig und Gemüse, Rohkost und Salat zu selten auf dem Speisenplan stehen (Arens-Azevedo et al. 2014, 2015, 2016). Ein direkter Ansatz kann darin bestehen, das Angebot und die Präsentation der Speisen so zu steuern, dass nur bestimmte Wahlmöglichkeiten gefördert werden. Im Rahmen von „IN FORM – Deutschlands Initiative für gesunde Ernährung und mehr Bewegung“ (BMELV und BMG 2008b) wurden durch die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) Qualitätsstandards für die Verpflegung in Kindertageseinrichtungen, Schulen, Betrieben, stationären Senioreneinrichtungen, bei Essen auf Rädern sowie in Krankenhäusern und Reha-Kliniken entwickelt (DGE 2014). Diese sehen z. B. eine Reduzierung des Angebots an Fleisch und ein tägliches Angebot an Gemüse bzw. Salat und Getreideprodukten vor. Da Fleisch und Fleischerzeugnisse produktbezogen höhere THG-Emissionen aufweisen als Gemüse, Rohkost und Salat, könnte eine konsequente Umsetzung dieser DGE-Qualitätsstandards neben dem gesund-

¹⁰³ Die Unterscheidung sogenannter Set- und Settingansätze ähnelt der Unterscheidung expliziter und impliziter Ansätze. Maßnahmen im Set setzen direkt beim Verbraucher an und erfordern ein aktives Verhalten des Verbrauchers, Veränderungen im Setting beschreiben Veränderungen in der Lebenswelt des Verbrauchers (Engelmann und Halkow 2008).

heitlichen Nutzen auch eine maßgebliche Veränderung der Treibhausgasemissionen in der Außer-Haus-Verpflegung bewirken. (s. Kap. 5.3.2 und Kap. 2.4).

Setting-Ansätze können auch darin bestehen, bestimmte Wahlmöglichkeiten einzuschränken oder zu verbieten. Das US Department of Agriculture hat 2012 z. B. Standards für die Schulverpflegung verabschiedet, die die Angebotshäufigkeit bestimmter Lebensmittel verändern sollen (s. Hanks et al. 2013). Restriktionen und Verbote können substanzielle und dauerhafte Effekte auf der Verhaltensebene bewirken, aber auch unerwünschte indirekte Effekte auslösen (s. Kap. 4.8.1.3).

Einen weniger restriktiven Ansatz stellt das „*Nudging*“ dar. Der Begriff „*Nudge*“ („Stups“, Thaler und Sunstein 2008, Marteau et al. 2011) beschreibt Umweltbedingungen, die zwar die Wahlmöglichkeiten („*choice architecture*“) verändern, diese aber nicht einschränken. Die Idee ist, dass ein Nudge hilft, das erwünschte Verhalten leichter zu zeigen, indem die Strukturierung der Situation das erwünschte Verhalten als Standardoption (*default*) bereitstellt (de Ridder 2014). Im Ernährungsbereich kann der *Nudging*-Ansatz z. B. angewendet werden, indem die erwünschte Option die Standardoption wird bzw. leichter verfügbar gemacht wird (Thaler und Sunstein 2010, Marteau et al. 2011). Verdeutlicht wird dieser Ansatz auch mit dem „*opt-in*“- versus „*opt-out*“-System bei der Organspende. In Ländern wie Deutschland ist der Standard, dass man kein Organspender ist. Wenn man Organspender werden möchte, muss man aktiv werden und dies beantragen („*opt-in*“). In Frankreich hingegen ist der Standard, dass man Organspender ist und wenn man dies nicht sein möchte, muss man sich aktiv dagegen entscheiden („*opt-out*“). Johnson und Goldstein (2003) haben die Raten von Organspendern verschiedener Länder verglichen und dabei frappierende Unterschiede gefunden. Länder mit einem „*opt-in*“-System wie Deutschland haben deutlich niedrigere Spenderraten, während Länder mit einem „*opt-out*“-System sehr hohe Raten erreichen.¹⁰⁴

Auch auf den Ernährungsbereich kann der *Nudging*-Ansatz erfolgreich angewendet werden, indem die erwünschte, z. B. klimafreundlichere Option die Standardoption wird bzw. leichter verfügbar gemacht wird (Marteau et al. 2011). Campbell-Arvai et al. (2012) verglichen verschiedene Ansätze zur Verhaltensänderung mit dem Ziel, die Wahl von vegetarischen Gerichten bei Studierenden zu erhöhen. Die Studierenden erhielten dafür eine Speisekarte mit verschiedenen Gerichten, zwischen denen sie wählen konnten. Die informationsbasierte Intervention, die vegetarische Gerichte als besonders nachhaltig und umweltverträglich kennzeichnete, zeigte keinen substanziellen Effekt. Interessanterweise erbrachte die Bereitstellung von schmackhaften vegetarischen Gerichten zwar einen substanziellen Anstieg, dennoch entschied sich die Mehrheit für ein

¹⁰⁴ Verfassungsrechtliche Bedenken gegen die „*opt-out*“ oder Widerspruchsregelung bestehen nicht. Das Bundesverfassungsgericht formuliert hierzu prägnant: Die Bürger „haben es somit selbst in der Hand, den befürchteten Grundrechtsverletzungen vorzubeugen. Daß sie in ihren Grundrechten bereits dadurch verletzt werden, daß sie zur Abwehr der behaupteten Grundrechtsverletzung einen Widerspruch erklären müssen, ist nicht ersichtlich.“ (BVerfG, Beschluss der 1. Kammer des Ersten Senats vom 18. Februar 1999 - 1 BvR 2156/98 – Rn.5).

Fleischgericht. In der Nudge-Bedingung erhielten die Teilnehmenden eine Speisekarte, die nur vegetarische Gerichte enthielt (Standardoption), mit dem zusätzlichen Hinweis, dass rund 3,5 Meter entfernt eine zweite Speisekarte an der Wand hängt, die noch andere Speisen inklusive Fleischgerichte enthält. Dies bedeutet, die Teilnehmenden konnten ein Fleischgericht wählen, nur mussten sie dafür aktiv werden („opt-out“), um die „Nichtstandard-Bedingung“ (Fleischgericht) zu realisieren. In dieser Bedingung wählte die überwiegende Mehrheit (73 %) nun ein vegetarisches Gericht. Auch andere Untersuchungen verweisen darauf, dass durch die Umgebungsgestaltung wie z. B. die Präsentation der Lebensmittel das Verhalten verändert werden kann (Marteau et al. 2011, Hollands et al. 2013).

Allerdings wird diese Form der Interventionen kontrovers diskutiert, da sie als „manipulativ“ betrachtet werden kann (z. B. Hausman und Welch 2010). Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass es wohl keine Umwelt gibt, die keinen „Default“ hat.

Das Ernährungsverhalten lässt sich aber auch noch in anderer Weise durch Veränderungen der Umwelt modulieren, ohne dass es den Betroffenen bewusst sein muss. Durch Umweltbedingungen, wie z. B. die Verpackungsart und -größe, wird das Ernährungsverhalten mitbestimmt (Chandon und Wansink 2012). Wansink (2010) argumentiert, dass bestimmte Umweltbedingungen das sogenannte „*mindless eating*“, d. h. das nichtreflektierte Essen, begünstigen. In einer experimentellen Studie konnte er zeigen, dass eine größere Portionsgröße bei Kinobesuchern zu größerem Verzehr führte. Bemerkenswert war, dass der Portionsgrößeneffekt auch dann auftrat, wenn das Popcorn 14 Tage alt und alles andere als schmackhaft war (Wansink und Junyong 2005). Der größere Popcornbecher war damit ein Umwelttrigger, der unabhängig vom Geschmack einen höheren Verzehr auslöste. Umwelteffekte kann man aber auch positiv wenden, indem Umwelttrigger gesetzt werden, die das „*mindless eating*“ unterbrechen und die Aufmerksamkeit auf den Verzehr lenken (siehe z. B. Geier et al. 2012). In dem Konzept „*smarter lunchrooms*“ (Hanks et al. 2013) werden Umwelttrigger verändert, um die Auswahl von Lebensmitteln zu verändern. In einer Feldstudie in verschiedenen Schulen konnte durch die Erhöhung der Verbraucherfreundlichkeit (*Convenience*), Attraktivität und des sozialen Anreizwerts der Verkauf von Gemüse um 25 % gesteigert werden (Hanks et al. 2013).

Neben der direkten Veränderung der Essumwelt können implizite Lernprozesse und *Priming*-Effekte das Essverhalten beeinflussen, indem sie den Anreizwert von bestimmten Lebensmitteln und Getränken erhöhen. Durch implizite Lernprozesse lernen Menschen beispielsweise, bestimmte Lebensmittel mit positiven Attributen wie positiven Emotionen oder hohem sozialen Status zu assoziieren (Gearhardt et al. 2012, Marteau et al. 2012). Delikatessen wie Kaviar sind bekannt und begehrt, weil sie als schmackhaft bewertet werden, aber auch, weil sie mit Exklusivität und entsprechendem Status assoziiert sind, der dadurch symbolisch konsumiert werden kann. In der Werbung wird dieses Prinzip auf vielfältige Weise angewandt, indem Lebensmittel mit positiven Symbolen und sozial attraktiven Personen assoziiert werden (siehe z. B. „*Food Branding*“). Mit den positiven Assoziationen steigt auch die positive Bewertung des jeweiligen Lebensmittels inklusive des Geschmacks. Dieser Effekt wurde sowohl bei Kindern als auch Erwachsenen beo-

bachtet (Robinson et al. 2007). Harris et al. (2009a) haben z. B. bei 7- bis 11-jährigen Kindern gezeigt, dass solche positiven Werbebotschaften implizit durch „*Priming*“ dazu führen können, dass vermehrt „ungesunde“ Snacks konsumiert werden (s. a. Harris et al. 2009b). Diese *Priming*-Effekte können auch den Verzehr von nicht beworbenen Lebensmitteln erhöhen, also einen Generalisierungseffekt zeigen. Diese impliziten Lernprozesse und *Priming*-Effekte können grundsätzlich auch auf „gesunde“ Lebensmittel angewendet werden (Keller et al. 2012) und bieten damit vielfältige Ansatzpunkte für Interventionen – und das, ohne dass explizit das Wort „Gesundheit“ erwähnt werden muss.

5 Maßnahmen der THG-Minderung bzw. Kohlenstofffestlegung

5.1 Klimaschutzmaßnahmen: Kriterien zur Bewertung und Übersicht

5.1.1 Kriterien zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen¹⁰⁵

Es gibt eine Vielzahl von Klimaschutzmaßnahmen. Doch welche sind für eine rationale Klimapolitik zu wählen? Um eine Auswahl treffen zu können, ist es im Sinne der Transparenz und Nachvollziehbarkeit sinnvoll, diese Maßnahmen zunächst in ausreichender Tiefe zu beschreiben¹⁰⁶ und dann anhand von Bewertungskriterien zu beurteilen. Die folgenden Kriterien wurden so ausgewählt, dass eine Bewertung aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Sicht sowie aus Sicht der politischen und administrativen Umsetzbarkeit erfolgt.

Die Maßnahmenbeschreibung ist wie folgt gegliedert:

- Bezeichnung der Maßnahme
- Beschreibung der Maßnahme:
Dieser Abschnitt umfasst die Beschreibung der Maßnahme, des ihr zugrunde liegenden Wirkungsmechanismus und der Referenzsituation. Zudem werden Aussagen darüber getroffen, wie abgesichert bzw. sicher die Zusammenhänge sind.
- Maßnahmenzenario:
Bei den eindeutigen Klimaschutzmaßnahmen wird das Maßnahmenzenario wie folgt beschrieben: Umfang der Maßnahmenumsetzung relativ zur Referenzsituation mit Bezugseinheit (z. B. je Hektar Fläche), zeitlicher Bezug für die Maßnahmenumsetzung.

Die Maßnahmenbewertung erfolgt dann, sofern anwendbar, anhand der folgenden Kriterien (Aussagen zur Unsicherheit der Bewertung sind aufgeführt, wenn sie von Bedeutung sind):

- THG-Minderungspotenzial:
Wirkung auf die THG-Emissionen oder Kohlenstofffestlegung je Bezugseinheit bzw. für das Maßnahmenzenario.
- Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung:
Aussagen darüber, ob eine Maßnahme auch über ein Maßnahmenende hinaus zu THG-Einsparungen führt; bei Kohlenstoff festlegenden Maßnahmen auch Aussagen darüber, wie verlässlich die Festlegung ist.

¹⁰⁵ Dieses Kapitel basiert in wesentlichen Teilen auf Osterburg et al. (2013a: 65 f.).

¹⁰⁶ Zu beachten ist hierbei, dass dieses Gutachten nur einen Überblick über die bestehenden bzw. derzeit diskutierten Maßnahmenoptionen geben kann. Auf detailliertere Beschreibungen der Maßnahmen wird in den entsprechenden Texten verwiesen.

- Synergien und Konflikte mit anderen Zielen:
Auswirkungen der Maßnahme z. B. auf umweltpolitische, verteilungspolitische, ethische oder kulturelle Ziele, für Forstmaßnahmen auch Beitrag zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel. Konflikte und Synergien werden – im Gegensatz zu den Vermeidungskosten – vorrangig qualitativ beschrieben.
- Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq:
Einzelwirtschaftliche Minderungskosten ohne Subventionswerte durch staatliche Maßnahmen; wenn möglich volkswirtschaftliche Kosten.¹⁰⁷
- Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit:
Mögliche Politikmaßnahmen und Hinweise auf Verwaltungskosten. Bei umfangreichen Erörterungen zu möglichen Politikmaßnahmen werden diese in einem eigenen Unterkapitel abgehandelt.
- Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte:
Hinweis, ob maßnahmenbedingte Änderungen der Produktionsstrukturen bzw. Konsummuster in Deutschland klimarelevante Auswirkungen auf Produktion und Konsum in anderen Ländern haben, z. B. direkte/indirekte Landnutzungsänderungen (s. Kap. 2.1.2).
- Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung:
Hinweis, ob die THG-Minderung/ Kohlenstofffestlegung in der THG-Berichterstattung Deutschlands Berücksichtigung findet (einschließlich der Auswirkungen auf die vor- und nachgelagerten Bereiche bzw. andere Sektoren).
- Bewertung:
Kurze zusammenfassende Bewertung.

Bei relevanten positiven Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen auf andere Ziele, beispielsweise den Wasser-, Boden- und Naturschutz, ist der Bezug der Kosten allein auf die Klimaschutzwirkung irreführend, da durch die Maßnahmen gleichzeitig auch andere Ziele erreicht werden können. Theoretisch besteht die Möglichkeit, in solchen Fällen das Kriterium Kostenwirksamkeit zu einer Kosten-Nutzen-Analyse zu erweitern. Aus pragmatischen Gründen werden Synergieeffekte oder konträre Effekte aber in der Regel nur qualitativ betrachtet. Die Herleitung der Politikempfehlungen (s. Kap. 6) stützt sich daher nicht alleine auf die Kostenwirksamkeit bzw. die Vermeidungskosten bezogen auf den Klimaschutz, sondern bezieht auch die Wirkungen auf weitere Ziele ein, auch in denjenigen Fällen, in denen diese nur qualitativ erfasst werden können.

¹⁰⁷ Für die Berechnung der Vermeidungskosten pro t CO₂-Äq. werden zunächst die Gesamtkosten benötigt. Sie bestehen aus den einzelwirtschaftlichen bzw. sektoralen Minderungskosten ohne Subventionswerte durch staatliche Maßnahmen. Die Division der Gesamtkosten durch die Klimaschutzleistung der jeweiligen Maßnahme führt zu den spezifischen Vermeidungskosten.

5.1.2 Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen

Tabelle 5.1 (a bis d) gibt einen Überblick über die in diesem Kapitel diskutierten Maßnahmen, und zwar im Bereich der Land- und Ernährungswirtschaft (Kap. 5.2, Tab. 5.1a), des Konsums von Lebensmitteln (Kap. 5.3, Tab. 5.1b), der Forstwirtschaft (Kap. 5.4, Tab. 5.1c) und der Holzverwendung und Holzwirtschaft (5.5, Tab. 5.1d).

Tabelle 5.1a: Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen mit Verminderungspotenzial in der Landwirtschaft

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkt- einheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte / Synergien)
5.2.1.1 Schutz von Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung	6 – 15 t CO ₂ -Äq/ha/Jahr bei Extensivierung, 20 – 40 t CO ₂ -Äq/ha/Jahr bei Wiedervernässung	300.000 - 900.000 ha werden wiedervernässt	7,0 - 15,2 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	2 – 380 €/t CO ₂ -Äq	Moorwiedervernässung nur sehr langfristig umsetzbar (20-30 Jahre)
5.2.1.2 Reduzierung der Verwendung von Torf als Pflanzsubstrat	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	1,1-1,5 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Erfordert die Entwicklung von entsprechenden Ersatzstoffen
5.2.2.1 Erhaltung von Dauergrünland	73-91 t CO ₂ -Äq/ha/Jahr	34.100 ha/Jahr	2,5 bis 3,1 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	15 – 60 €/t CO ₂ -Äq	Minderungspotenzial im Vgl. zum Umbruch in den letzten Jahren
5.2.2.2 Umwandlung von Acker- zu Dauergrünland	5 – 12 t CO ₂ -Äq/ha/Jahr	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Hohe Synergien zu Gewässer- und Biodiversitätsschutz. Allerdings ist der Erhalt existierender Grünlandflächen wichtiger als die Neuanlage
5.2.3.1 Humusschonende Bodenbewirtschaftung	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Synergien mit Boden- und Wasser-schutzziele
5.2.3.2 Einbringung von Pflanzkohle in landwirtschaftlich bewirtschaftete Böden	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Bisher unzureichender Erkenntnisstand
5.2.4.1 Verbesserung der N-Effizienz der Düngung	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	5,8 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	29 – 57 €/t CO ₂ -Äq	Hohe Synergien zu Gewässer- und Biodiversitätsschutz
5.2.5.1 Substitution von chemisch-synthetischen N-Düngern durch Leguminosen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Maßnahme nur für Futterleguminosen sinnvoll
5.2.5.2 Substitution von importierten Sojafuttermitteln durch inländ. Körnerleguminosen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Wegen hoher Komplexität keine eindeutige Bewertung möglich
5.2.6.1.1 Gasdichte Abdichtung vorhandener Gärrestlager	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	2,0- 4,3 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	2 - 100 €/t CO ₂ -Äq	Relativ kostengünstige Klimaschutzmaßnahme die allerdings an Bedeutung verliert, wenn Biogasanlagen nach Ablauf der Fördergarantie nicht weiter betrieben werden

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkt- einheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte / Synergien)
5.2.6.1.2 Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz in Bestandsanlagen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	1,0 – 4,8 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Siehe 5.2.6.1.1
5.2.6.3 Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion	10 t CO ₂ -Äq/ha/Jahr - 18 t CO ₂ -Äq/ha/Jahr (Miscanthus)	850.000 ha	11,8 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr Vermeidungspotenzial abhängig von Nutzungsform	-25 – 75 €/t CO ₂ -Äq	Klimaschutz durch energetische Substitution im Gegensatz zur Aufforstung bereits nach wenigen Jahren, Kaskadennutzung würde Minderungspotenzial erhöhen
5.2.7.1.1 Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Stickstoffemission	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	0,3 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Wird in vielen Betrieben bereits umgesetzt, allerdings schwer systematisch zu erfassen
5.2.7.1.2 Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Methanemission	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Wahrscheinlich eher geringes nachhaltiges Potenzial	Nicht anwendbar	Schwer zu erfassen, mögliche negativer Effekte auf Tierwohl und Produktqualität
5.2.7.2 Züchterische Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Reduktionspotenziale von 15 bis 30 % bei Milchkühen bei Kombination mit 5.2.7.4. Schwer abschätzbar, langfristig wirksam.	Nicht anwendbar	Schwer systematisch zu erfassen
5.2.7.3 Sperma-Sexing zur Erzeugung männl. Mastkälber	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	k. D.	Nicht anwendbar	Derzeit noch nicht ausreichend operabel
5.2.7.4 Management und haltungstechnische Maßnahmen	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Reduktionspotenziale von 15 bis 30 % bei Milchkühen bei Kombination mit 5.2.7.2. Schwer abschätzbar und nur langfristig sichtbar.	Nicht anwendbar	Erhöhung der Lebensleistung bei längerfristig genutzten Tieren sollte unabhängig von Klimaschutz von den Betrieben angestrebt werden
5.2.8 Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	k. D.	Nicht anwendbar	Pauschale Förderung des Ökolandbaus allein aus Gründen des Klimaschutzes nicht zielführend.
5.2.9 Verbesserung der Energieeffizienz	15 bis 25 % des betriebl. Energieverbrauchs	Nicht anwendbar	1,5 - 2,4 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Viele der Maßnahmen führen auch zu Kosteneinsparungen
5.2.10 Reduzierung der Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen	Ca. 2,6 t CO ₂ -Äq/ha	ca. 55.000 ha	Ca. 0,02 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	Nicht anwendbar	Klimawirkung unklar

Tabelle 5.1b: Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen mit Verminderungspotenzial in der Ernährung

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkt- einheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
5.3.2 Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE	0,3 t CO ₂ -Äq/Kopf/Jahr	ca. 81 Mio. Einwohner	Ca. 22 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr durch Umsetzung der DGE-Empfehlungen	Für Konsumenten tendenzielle Reduzierung der Kosten. Für Land- und Ernährungswirtschaft Anpassungskosten.	Weitere Einsparungen durch vegetarische Ernährung möglich Ernährungsempfehlungen der Fachgesellschaften (Ernährung und Medizin) müssen beachtet werden
5.3.3 Reduzierung von Lebensmittelabfällen	Nicht ausreichend quantifizierbar	Verbrauch in Haushalten, Gastronomie, Verarbeitung und Handel	Vermeidbare Lebensmittelabfälle werden vermieden um <ul style="list-style-type: none"> • 100 %: 12 Mio. t CO₂-Äq/Jahr • 75 %: 9 Mio. t CO₂-Äq/Jahr • 25 %: 3 Mio. t CO₂-Äq/Jahr • 50 %: 6 Mio. t CO₂-Äq/Jahr 	Für Konsumenten Reduzierung der Kosten. Für Land- und Ernährungswirtschaft Anpassungskosten.	Für Konsumenten Reduzierung der Kosten Für Land- und Ernährungswirtschaft Anpassungskosten
5.3.4 Reduzierung des Konsums von Wasser aus Flaschen	210 g CO ₂ -Äq pro Liter	143,5 l pro Kopf/Jahr	0,6-2,4 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr, wenn Mineralwasser zu 25 bzw. 100 % durch Leitungswasser ersetzt wird	< 0, Verbraucher sparen Geld	Neben Umsatzrückgängen beim Handel keine negativen Auswirkungen zu erwarten
5.3.5 Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards in der Gemeinschaftsverpflegung	Nicht anwendbar	2,5 Mrd. Mittagessen in der Gemeinschaftsverpflegung jährlich	3,0-3,6 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr (im Minderungspotenzial von 5.3.2 bereits enthalten)	Keine Informationen	Minderungspotenzial ohne zusätzliche Abfallvermeidung und ohne Angebot von Leitungswasser
5.3.6 Reduzierung von Emissionen bei der Einkaufsfahrt	Nicht ausreichend quantifizierbar	Nicht ausreichend quantifizierbar	Nicht ausreichend quantifizierbar von Einkaufsverhalten abhängig.	Verbraucher sparen Geld, Organisations- und Zeitaufwand sowie Lebensmittelfälle steigen ggf.	Minderungspotenzial verringert sich, je größer der Anteil der Transporte wird, die auf klimaneutralen regenerativen Energien basieren
5.3.7 Verzicht auf Flugware	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Reduzierung der Flugware-induzierten THG-Emissionen um 80 %: 0,7 – 1,7 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	< 0, Kosten für Lebensmittel sinken leicht.	Kann wirtschaftlichen Schaden in exportorientierten Entwicklungsländern verursachen
5.3.8 Reduktion von Transportemissionen durch Konsum regionaler Produkte	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Ca. 0,5 – 2,6 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	Keine Informationen	Nur sehr grobe Abschätzung möglich, hohe Unsicherheit

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkt- einheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
5.3.9 Konsum saisonaler Produkte aus dem Freiland bzw. unbeheizten Gewächshäusern	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Substitution der Gewächshausproduktion durch Anbau im Freiland /unbeheizten Gewächshaus um <ul style="list-style-type: none"> • 100 %: 0,7 Mio. t CO₂-Äq/Jahr • 50 %: 0,3 Mio. t CO₂-Äq/Jahr 	Nicht ausreichend quantifizierbar, Kosten für Lebensmittel steigen leicht.	Nur sehr grobe Abschätzung möglich, hohe Unsicherheit
5.3.10 Konsum frisch zubereiteter Lebensmittel	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Unsicher, eher gering	Lebensmittelkosten sinken leicht. Aufwand für Zubereitung steigt deutlich	Nur sehr grobe Abschätzung möglich, hohe Unsicherheit. Keine Klimamaßnahme
5.3.11 Konsum von Produkten aus dem Ökolandbau	kontext- und produktabhängig	Nicht anwendbar	Nicht ausreichend quantifizierbar	Kosten für Lebensmittel steigen. Fördermittel.	Förderung des Ökolandbaus aus Gründen des Klimaschutzes eher nicht zielführend

Tabelle 5.1c: Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen mit Verminderungspotenzial in der Forstwirtschaft

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkt- einheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
5.4.1 Aufforstung, Wiederauf- forstung und Vermeidung von Entwaldung	wegen laufenden Anstiegs nicht darstellbar (keine konstante Wachstumsrate der Sequestrierung über der Zeit)	a) ca. 550.000 ha bis 2050 b) 850.000 ha bis 2050	a) 98 Mio. t CO ₂ -Äq bis 2050 → ca 2,6 – Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr b) 156 Mio. t CO ₂ -Äq bis 2050 → ca. 4,1 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	a) 411 Mio. €/Jahr Gesamtkosten; 15,6 Mrd. € Gesamtkosten bis 2050 → 159 €/t CO ₂ -Äq durchschnittlich über die gesamte Lauf- zeit b) 652 Mio. €/Jahr Gesamtkosten; 24,8 Mrd. € bis 2050 → 159 €/t CO ₂ -Äq durch- schnittlich über die gesamte Laufzeit	Aufforstung von Ackerflächen bietet vielfältige Synergien mit Natur- schutz
Vermeidung von Entwaldung	Ca. 5.000 ha im Jahr	k. D.	Wird nicht betrachtet	Bestimmung auf Grund- lage bestehender Daten nicht möglich	Entwaldung i. d. R. für Infrastruk- turmaßnahmen im öffentlichen Interesse
5.4.2 Stilllegung von Waldflä- chen, Reduktion der Holznut- zung	Nicht darstellbar wegen Entwicklung der Stille- ungsfläche sowie Abhän- gigkeit von den Bestands- merkmalen	a) 5 % der Waldflä- che bis 2030 b) wie a) + 10 % zusätzlicher Holz- nutzungsverzicht	Keine Minderung der Emissionen im Gesamtsystem sondern Mehrung bei Einbeziehung des Holzproduktspeichers. Verminderte Mitigationsleistung: a) - 175 Mio. t CO ₂ -Äq bis 2052; ca. - 4,4 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr b) - 1.260 Mio. t CO ₂ -Äq bis 2052; ca. - 31,5 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr	Nicht darstellbar, da keine Vermeidungslei- stung; Kosten der Maß- nahme: a) 144–557 Mio. €/Jahr b) 451–1.492 Mio €/Jahr	Gilt für beide Szenarien
5.4.3 Veränderung der Produk- tionssysteme	Nicht darstellbar wegen Abhängigkeit von den Bestandsmerkmalen	a) Verlängerung um 20 Jahre b) Vorratsabsen- kung auf Niveau von BWI 1	Keine Minderung der Emissionen im Gesamtsystem sondern Mehrung gegen- über Basisszenario Emissionen: a) + 213 Mio. t CO ₂ -Äq bis 2048 b) + 198 Mio. t CO ₂ -Äq bis 2048	Nicht darstellbar, da keine Vermeidungslei- stung. Kosten/Nutzen der Maßnahme: a) 56,0 Mrd. € bis 2048 b) -56,8 Mrd. € bis 2048, d. h. Nutzen!	

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkt- einheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten	Bemerkungen (besondere Konflikte /Synergien)
5.4.4 Veränderung der Baum- artenzusammensetzung	Nicht anwendbar	Nadelholz dominiert (70 % Nadelholz)	ca. 56 Mio. t CO ₂ -Äq höheres Minderungspotenzial bei Nadelholzdominierten Anbausystemen im Vergleich zum BAU.	Negative Vermeidungskosten: -173,4 Mrd. € bis 2052 → -145 €/t CO ₂ -Äq, d. h. Nutzen!	Das Potenzial ist nur sehr langfristig realisierbar
5.4.5 Wiedervernässung von Moorwäldern	4-15,5 t CO ₂ -Äq/ha/Jahr	Nicht anwendbar	Theoretisches Potenzial, aber sehr ungewisse Informationslage.	10.000 bis 30.000€/ha	

Tabelle 5.1 d: Übersicht über die im Gutachten vorgestellten Maßnahmen mit Verminderungspotenzial in der Holzverwendung und -wirtschaft

Maßnahme (Kapitelnummer)	Minderungspot. pro Fläche oder Produkt- einheit	Fläche oder Produkteinheit (ggf. Szenarios)	THG-Minderungspotenzial	Vermeidungskosten
5.5.1 Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten	Nicht anwendbar	Szenario z. T. basierend auf Szenario b von 5.4.3	13,1 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr + energetischer Substitutionseffekt 3,9 Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr, allerdings anfangs hoher Abbau des C- Speichers im Wald. Daher erst langfristige Netto-Wirksamkeit der Maßnahme.	Keine Kosten – 69 €
5.5.2 Steigerung der Effizienz beim Holzrohstoff- und Energieeinsatz in der Holzindustrie	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	15.000 t CO ₂ -Äq/Jahr	Schwer bezifferbar
5.5.3 Steigerung des Einsatzes von Altholz und der Kaskadennutzung in der Holzindustrie	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar	

5.2 Maßnahmen im Bereich der Land- und Ernährungswirtschaft

Die Bezeichnungen und Beschreibungen der Maßnahmen und die Auswahl von Bewertungskriterien bauen auf den ausführlichen Ausarbeitungen von Osterburg et al. (2013a) auf.

5.2.1 Reduzierung von Emissionen aus organischen Böden (Moorschutz)

5.2.1.1 Schutz von Mooren unter derzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung¹⁰⁸

Bezeichnung der Maßnahme: Extensivierung und dauerhafte Wiedervernässung von Mooren, die sich derzeit unter landwirtschaftlicher Nutzung befinden

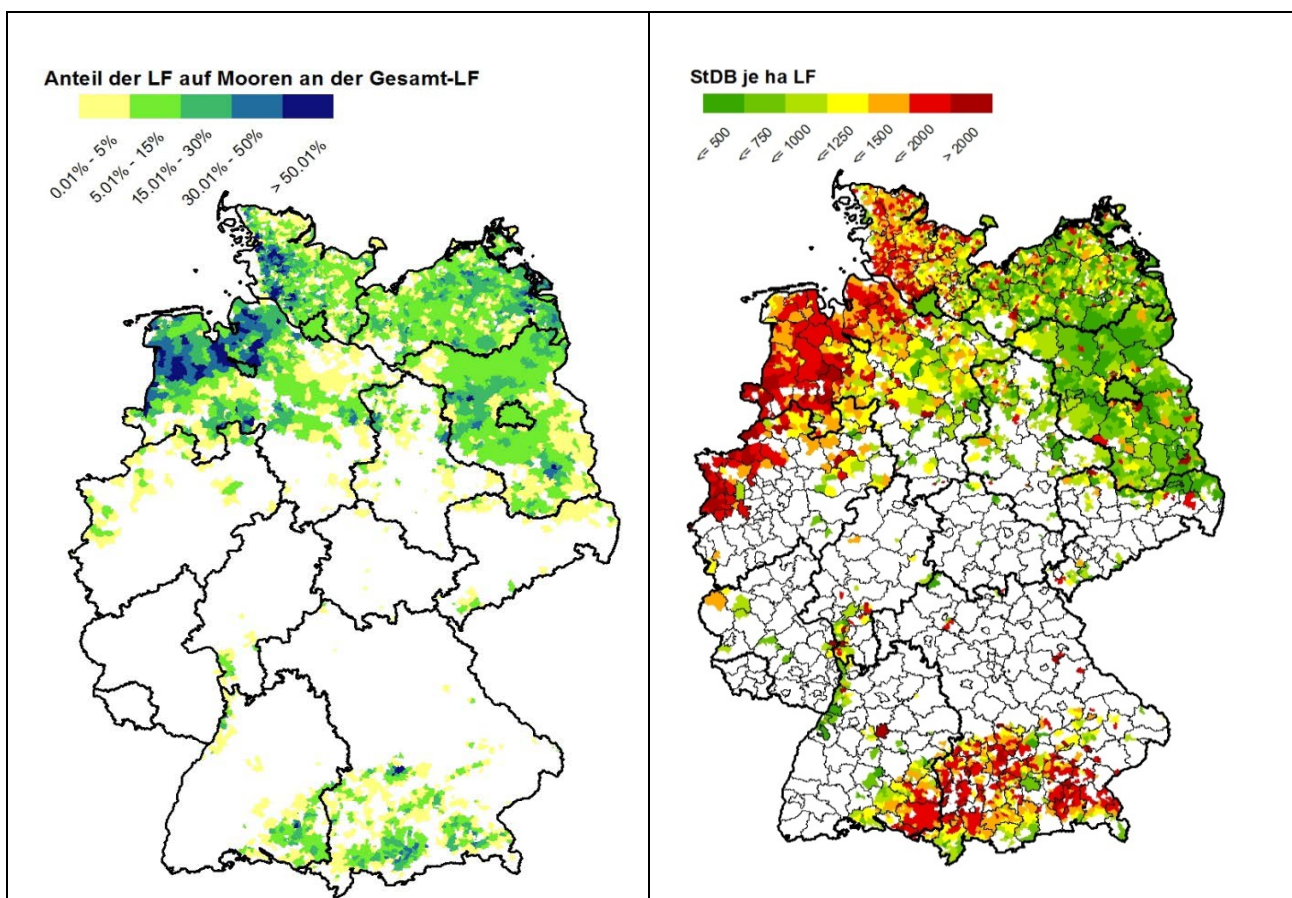
Beschreibung der Maßnahme: Derzeit befindet sich in Deutschland eine Moorfläche (v. a. Moorböden, aber auch Anmoore und Aueböden) ca. 1,3 Mio. ha unter landwirtschaftlicher Nutzung (Osterburg et al. 2013a, s. Abb. 5.1). Landwirtschaftlich bewirtschaftete drainierte Moore bilden ungefähr 5 % der LF in Deutschland ab, sind jedoch für 50 % der THG-Emissionen aus landwirtschaftlicher Bodennutzung bzw. mit ca. 40 Mio. t CO₂-Äq/Jahr an den Treibhausgasemissionen aus Landwirtschaft und LULUC für 2012 beteiligt (nach UBA 2015a). Durch das Absenken der Wasserstände durch Drainagen und die damit verbundene Durchlüftung des Oberbodens wird die organische Substanz im Moorboden mineralisiert und in Form von CO₂ an die Atmosphäre abgegeben. Die Dauer der landwirtschaftlichen Nutzung von Mooren mit abgesenkten Grundwasserständen durch Drainagen ist somit *per se* immer endlich und hängt von der Mächtigkeit des Moorkörpers und der Intensität der Entwässerung ab. Intensiv bewirtschaftete landwirtschaftliche Nutzflächen auf organischen Böden sind außerdem eine bedeutende N₂O-Quelle in der Landwirtschaft.

Prinzipiell sind zwei Arten von Maßnahmen denkbar, um die Mineralisierung zu verlangsamen bzw. rückgängig zu machen. Durch eine Änderung der Bewirtschaftung kann die Mineralisierung verlangsamt werden. Dies erfordert insbesondere eine Umwandlung von Ackerland zu Grünland bzw. eine Extensivierung der Grünlandnutzung. Beides ist nur in Kombination mit einer Anhebung des Wasserstandes ökonomisch sinnvoll. Diese kann ggf. auch saisonal im Winter erfolgen, um eine Bewirtschaftung in der Vegetationsperiode zu ermöglichen und gleichzeitig THG-Emissionen v. a. im Winter deutlich zu reduzieren. Nur eine vollständige Wiedervernässung der Flächen kann dazu führen, dass Moorböden keine Quellen von THG-Emissionen sind. Dazu muss der Grundwasserstand auf ein Niveau von mindestens etwa 0 bis 10 cm unter Flur angehoben wird. Nur dann kann ein Moor wieder zu einer Kohlenstoffsенke (einem wachsenden Moor) werden. Auf-

¹⁰⁸ Siehe Osterburg et al. (2013: 102-105).

grund der nach einer Moorwiedervernässung einsetzenden Methanfreisetzungen dauert es jedoch einige Zeit, bis die Klimabilanz durch den Kohlenstoffaufbau wieder ausgeglichen ist. Diese Zeitspanne ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig und kann von Standort zu Standort sehr unterschiedlich sein (Sachs et al. 2015, Koebisch et al. 2016, Poyda et al. 2016). In der Regel kann hierbei von einem Zeitraum von 10 bis über 20 Jahre ausgegangen werden.

Abbildung 5.1: Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) auf Mooren an der gesamten LF und Standarddeckungsbeitrag (StDB) je ha LF auf Gemeindeebene in Deutschland für 2007



Quelle: Verändert nach Röder und Osterburg (2012a).

Maßnahmenszenario: Die bestehenden landwirtschaftlich genutzten Moore unterliegen sehr heterogenen Nutzungsregimen. Somit ist eine pauschale Ausweisung eines Flächenpotenzials kaum möglich. Daher werden – in Anlehnung an Osterburg et al. (2013a) – im Folgenden drei Szenarien spezifiziert, um gleichermaßen die Flächendimensionen und die THG-Minderungspotenziale deutlich zu machen:

- Maßnahmen auf 25 % der Moorfläche, die sich in Deutschland unter landwirtschaftlicher Nutzung befinden (ca. 0,3 Mio. ha LF): Wiedervernässung auf einer Fläche von 0,1 Mio ha, Extensivierung auf 0,2 Mio. ha.

- b) Maßnahmen auf 50 % der Moorfläche (ca. 0,6 Mio. ha LF): Wiedervernässung auf einer Fläche von 0,2 Mio. ha, Extensivierung auf 0,4 Mio. ha.
- c) Maßnahmen auf 75 % der Moorfläche (ca. 0,9 Mio. ha LF): Wiedervernässung auf einer Fläche von 0,3 Mio. ha, Extensivierung auf 0,6 Mio. ha.

Für die Abschätzung des THG-Minderungspotenzials wird unterstellt, dass die Extensivierungs- und Wiedervernässungsmaßnahmen schrittweise innerhalb der nächsten 20 – 30 Jahre durchgeführt werden. Die Ausweisung verschiedener Szenarien trägt auch dem Umstand Rechnung, dass mit steigender Wiedervernässungsfläche die Grenzkosten der THG-Minderung steigen (s. u.). Die Maßnahmen können auf Moorflächen mit hohem THG-Minderungspotenzial, geringer Wertschöpfung und geringer Prägung durch Infrastrukturen einfacher umgesetzt werden. Diese sollten bevorzugt für die Maßnahme herangezogen werden.

THG-Minderungspotenzial: Das THG-Minderungspotenzial ist flächenspezifisch sehr variabel. Dies verdeutlicht Tabelle 5.2 mit einem Überblick über die Kohlenstoffverluste und jährliche Stickstofffreisetzung in Niedermooren nach verschiedenen Bewirtschaftungsformen und Wasserständen.

Tabelle 5.2: Kohlenstoff- und Höhenverluste sowie jährliche Stickstofffreisetzung von Niedermooren unterschiedlicher Bewirtschaftung und Wasserstände

Fläche	Grundwasserstand	Lagerungsdichte	C-Gehalt	C-Verlust	Höhenverlust	N-Freisetzung	Treibhauspotenzial
	cm	g/cm ³	%	t C/ha/Jahr	cm/Jahr	kg N/ha/Jahr	t CO ₂ -äq
Brache	-11	0,19	41,8	2,8	0,35	158	13,9
Grünland "nass"	-21	0,35	35,3	10,6	0,85	670	43,0
Grünland "feucht"	-33	0,62	13,7	15,7	1,85	1.270	65,0
Acker	-39	0,74	11,4	15,0	1,77	1.210	63,5

Quelle: Poyda (2015), Poyda et al. (2016).

Nach Flessa et al. (2012: 229) kann eine Anhebung des Wasserstandes und gleichzeitige Extensivierung von der Nutzung als Acker/Intensivgrünland hin zu extensivem Grünland zu einer Reduzierung der Emissionen um bis zu 20 t CO₂-Äq/ha und Jahr führen. Ein ähnliches Vermeidungspotenzial ist in Tabelle 5.2 nach Poyda et al. (2016) dargestellt. Nach Osterburg et al. (2013a, verweisend auf Flessa et al. 2012) ist das Reduktionspotenzial durch einen alleinigen Landnutzungswandel (Acker zu Grünland) ohne Veränderung des Wasserstandes mit ca. 5 t CO₂-Äq/ha und Jahr wesentlich geringer.

Nach den Quellen in Osterburg et al. (2013a) liegt das Einsparpotenzial durch Wiedervernässung intensiv genutzter Moore ca. 20 Jahre nach der Durchführung der Maßnahme zwischen ca. 20 und 40 t CO₂-Äq/ha und Jahr. Dabei ist die Klimaschutzwirkung der Wiedervernässung pro Hektar umso höher, je tiefer die Wasserstände in den drainierten Flächen waren. Bezogen auf die o. g. Szenarien und Annahmen kann ein gesamtes Minderungspotenzial unter Annahme eines sinkenden Grenz-THG-Minderungspotenzials wie folgt angenommen werden:

Szenario a): 7 Mio t CO₂-Äq/Jahr

- = Wiedervernässung: Fläche von 0,1 Mio. ha mit Potenzial von 40,0 t CO₂-Äq/ha und Jahr
= 4,0 Mio. t CO₂-Äq/Jahr
- = Extensivierung: Fläche von 0,2 Mio. ha mit Potenzial von 15 t CO₂-Äq/ha und Jahr
= 3,0 Mio. t CO₂-Äq/Jahr

Szenario b): 12 Mio. t CO₂-Äq/Jahr

- = Szenario a) 7 Mio t CO₂-Äq/Jahr
- + Wiedervernässung: Fläche von 0,1 Mio. ha mit Potenzial von 30,0 t CO₂-Äq/ha und Jahr
= 3 Mio. t CO₂-Äq/Jahr
- + Extensivierung: Fläche von 0,2 Mio. ha mit Potenzial von 10 t CO₂-Äq/ha und Jahr
= 2 Mio. t CO₂-Äq/Jahr

Szenario c): 15,2 Mio t CO₂-Äq/Jahr

- = Szenario b) 12 Mio. t CO₂-Äq/Jahr
- + Wiedervernässung: Fläche von 0,1 Mio. ha mit Potenzial von 20,0 t CO₂-Äq/ha und Jahr
= 2 Mio. t CO₂-Äq/Jahr
- + Extensivierung: Fläche von 0,2 Mio. ha mit Potenzial von 6 t CO₂-Äq/ha und Jahr
= 1,2 Mio. t CO₂-Äq/Jahr

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der Maßnahme: Die Maßnahme ist reversibel, z. B. wenn die Moorflächen wieder entwässert werden. Der lange Zeitraum, der benötigt wird, um die Methanemissionen aus den ersten Jahren nach der Wiedervernässung durch entsprechenden Kohlenstoffaufbau auszugleichen, stellt hierbei ein Risiko dar. Aufgrund der notwendigen Investitionen und der dauerhaften Nutzungsänderungen gehen Osterburg et al. (2013a) von einer gewissen Langfristigkeit in der Maßnahmenumsetzung aus. Eine Möglichkeit der Sicherung der Dauerhaftigkeit sind auch Einträge ins Grundbuch der jeweiligen Flächen bzw. öffentliche Flächenkäufe (Osterburg et al. 2013a).

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die Maßnahme hat zahlreiche positive Umweltwirkungen, insbesondere im Bereich des Natur- und Artenschutzes, aber auch hinsichtlich Nährstoffretention und Wasserhaushalt (Osterburg et al. 2013a). Nutzungen mit Schilf-, Rohrglanzgras- oder Erlen-(Mono-)kulturen in Niedermooren können allerdings auch negative Auswirkungen haben. Dies betrifft insbesondere den Wiesenvogelschutz in FFH-Gebieten, der nach Umwand-

lung extensiver Grünlandnutzungen und dem Anstau der Flächen in der Regel leidet, und zwar unabhängig davon, ob Paludikulturen kultiviert werden oder die Flächen in die Sukzession entlassen werden, was dann in der Regeln in einem Erlenbruchwald o. Ä. mündet. Auch muss bezüglich der spezifischen Nutzungen nasser Moore der Effekt auf den Wasserhaushalt berücksichtigt werden. So wäre der Einsatz schnell wachsender Hölzer (z. B. Kurzumtriebsplantagen) kontraproduktiv, da durch die hohe Verdunstung der regionale Landschaftswasserhaushalt beeinträchtigt werden kann (Osterburg et al. 2013a, s. a. Kap. 5.2.6.2). Bei einer für den Schutz gefährdeter Wiesenvogelarten durchgeführten Extensivierung in Kombination mit Wiedervernässung ist darauf zu achten, dass eine ausreichende landwirtschaftliche Bewirtschaftung weiterhin möglich ist, um die Flächen offen zu halten. Zum Erreichen spezieller Artenschutzziele kann zudem die gezielte Regelung der Wasserstände erforderlich sein, um lokale Feuchteunterschiede zu schaffen (Hötker et al. 2007, Hötker und Leuschner 2014). Es gibt zudem Hinweise darauf, dass sich speziell auf Torfböden ein winterlicher Überstau nicht immer vorteilhaft für Wiesenvögel und Pflanzengesellschaften erweist (Hötker et al. 2007).

Dagegen sind die Biodiversitätseffekte einer Aufgabe der landwirtschaftlichen Bodennutzung durch Erhöhung der Wasserstände in Hochmooren uneingeschränkt positiv zu würdigen, da sich bei der Re-Etablierung nährstoffarmer Hochmoore mittelfristig typische Pflanzengesellschaften einstellen, die durch oligotrophe Bedingungen gefördert werden und somit einen hohen ökologischen Wert darstellen. In den Bundesländern Brandenburg, Bayern, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen ist Moorwiedervernässung wichtiger Bestandteil der Moorschutzprogramme (Ullrich und Riecken 2012), ebenso in der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (BMU 2007). Neben den je nach Moorstandort differenziert zu bewertenden Effekten der Wiedervernässung auf die Biodiversität sind die Effekte auf die Schutzziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie für alle Moortypen uneingeschränkt positiv zu bewerten. Zum einen entfallen die teilweise erheblichen Stickstofffreisetzungen, die vorher über den Pfad der Drainageabflüsse die Qualität der Oberflächengewässer beeinträchtigten, und zum anderen steigt das Wasserretentionspotenzial an, d. h., die lokale Wasserspeicherkapazität steigt und die Abflussmenge sinkt. Dies wiederum stellt einen gewissen Schutz gegen die Auswirkungen von im Zuge des Klimawandels häufiger werdenden Starkregenereignissen bzw. Trockenperioden dar.

Hinsichtlich des Klimaschutzes wird die Maßnahme erst nach einem längeren Zeitraum der Wiedervernässung wirksam, was aufgrund der Reversibilität der Reduzierung der THG-Emissionen ein gewisses Risiko darstellt.

Negativ wirkt die Maßnahme auf das Ziel „Schutz landwirtschaftlicher Flächen“ und auf die Rentabilität landwirtschaftlicher Betriebe. Da die Wiedervernässung in der Regel keine Fortführung der landwirtschaftlichen Nutzung auf den betroffenen Flächen ermöglicht, zwingt dies die stark betroffenen Betriebe ggf. zur Aufgabe. Bei großflächiger Wiedervernässung kann dies zudem negative Auswirkungen auf die der Landwirtschaft vor- und nachgelagerten Bereiche und die lokale Wirtschaft haben.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Generell ist festzuhalten, dass es keinen universellen Weg gibt, Moore wiederzuvernässen bzw. zu extensivieren, sondern die Maßnahmen standortspezifisch erfolgen müssen (Wetlands International 2014), was wiederum Auswirkungen auf die Vermeidungskosten hat (Angenendt et al. 2014). Sie hängen in hohem Maße von der Wirtschaftlichkeit der aktuellen Flächennutzung, der Fristigkeit der Betrachtung, den notwendigen Investitions- und Managementkosten und der Höhe der vermiedenen THG-Emissionen ab. Einzelbetriebliche, kurzfristige Kostenbetrachtungen unter Einbeziehung der gegenwärtigen agrarpolitischen Stützungen ergeben im Vergleich zu langfristigen, volkswirtschaftlichen Betrachtungen deutlich höhere Kosteneinschätzungen. In jeder Betrachtung variieren die Vermeidungskosten stark zwischen verschiedenen Regionen, Standorten und Einzelflächen. Deshalb ist davon auszugehen, dass die durchschnittlichen Vermeidungskosten pro t CO₂-Äq mit dem Gesamtumfang der wiedervernässen Moorflächen in Deutschland deutlich ansteigen (siehe z. B. Röder und Grützmacher 2012). Es ist zudem wichtig zu beachten, dass die Vermeidungskosten nicht nur auf den Nutzungsverzicht zurückzuführen sind, sondern auch Investitionen und laufende Kosten für die Wiedervernässung beinhalten. Zusätzliche Kapital- bzw. „Wartekosten“ können entstehen, wenn die Flächensicherung und das Management bereits Kosten verursachen, aber noch keine zusammenhängenden Flächen zur Vernässung bereit stehen und noch keine Klimaschutzwirkungen erzielt werden. Bei großflächiger Wiedervernässung kann zudem die gesamte Wirtschaftskraft der Regionen betroffen sein.

Die bisher in verschiedenen Studien berechneten Vermeidungskosten weisen eine große Spannweite aus:

- Je nach zugrunde liegenden Methoden für die Kostenermittlung (modellbasiert ermittelte Nettowertschöpfung, Deckungsbeitrag/Veredlungswert) liegen die Abschätzungen für die durchschnittlichen Vermeidungskosten bei der Wiedervernässung von Mooren zwischen 2 und 70 €/t CO₂-Äq (Röder und Grützmacher 2012; Röder und Osterburg 2012b; s. a. Röder et al. 2015a).
- Auch Krimly et al. (2016) errechnen ähnliche Vermeidungskosten (im Durchschnitt ca. 30 €/t CO₂-Äq, bezogen auf die gesamten Emissionen dreier Modellbetriebe).
- Nach Schaller et al. (2012) können bei einer Wiedervernässung von Ackerland je nach unterstellter Ausgangsnutzung einzelbetriebliche, flächenspezifische Kosten zwischen 41 und 134 €/t CO₂-Äq auftreten.
- Drösler et al. (2012b: 143) ermittelten anhand von vier durchgeführten Moorschutzprojekten Vermeidungskosten einschließlich Investitions- und Managementkosten zwischen 27 und 107 €/t CO₂-Äq.

Vor allem in den weniger intensiv genutzten Regionen fallen die THG-Vermeidungskosten eher gering aus, auch angesichts des großen Vermeidungspotenzials. So erfahren die sog. „Moorfutures“ in den Flussmooren Mecklenburg-Vorpommerns, in Regionen mit sehr geringen Viehdichten/sehr geringem Futterbedarf und damit vergleichsweise sehr geringen Nutzungskosten für das Moorgrünland schon seit längerem eine gewisse Resonanz. Moorfutures sind Zertifikate über die

Vermeidung von einer Tonne CO₂-Äq mittels der Herausnahme von Mooren aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung zum Zwecke des Moorschutzes bzw. alternativer Nutzungen jenseits der Landwirtschaft (z. B. Paludikulturen, Universität Greifswald 2015). Moorfutures können für 30 bis 70 € erstanden werden; womit über eine Laufzeit von 50 Jahren die Emission von einer Tonne CO₂-Äq vermieden werden kann (Moor Futures 2013, Aktion Moorschutz o. J.).

Kostenabschätzungen für eine Extensivierung der Moornutzung fallen in der Literatur häufig vergleichsweise höher aus. Die Flächen können im Gegensatz zu wiedervernässten Flächen zwar weiterhin genutzt werden, das Vermeidungspotenzial ist jedoch vergleichmäßig gering und die Vermeidungskosten sind damit relativ hoch. Krimly et al. (2016) errechnen Vermeidungskosten von durchschnittlich etwas über 40 €/t CO₂-Äq (bezogen auf die gesamten Emissionen dreier Modellbetriebe, allerdings mit erheblichen Unterschieden je nach Betriebsgröße). Nach Schaller et al. (2012) können Kosten von bis zu 380 €/t CO₂-Äq entstehen.

Bei der Wiedervernässung und Extensivierung ist in Abhängigkeit der Vermeidungskosten schrittweise vorzugehen. Flächen mit niedrigen Vermeidungskosten sind zu bevorzugen, Flächen mit sehr hohen Vermeidungskosten sollten für die Maßnahmenumsetzung dagegen nicht berücksichtigt werden.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: In Mecklenburg-Vorpommern wurden zwischen 2012 und 2015 Moorfutures im Umfang von 11.000 t CO₂-Äq über eine Laufzeit von 50 Jahren sowohl an gewerbliche als auch an private Personen veräußert (Ausgleichsagentur Schleswig-Holstein 2014). Dies entspricht bei einer unterstellten Vermeidung von ca. 20 t CO₂-Äq/ha und Jahr etwa einer Fläche von rund 550 ha. Entsprechende, auf Freiwilligkeit basierende Initiativen in Brandenburg und Schleswig-Holstein können bisher weit weniger veräußerte Zertifikate vorweisen, wobei die entsprechenden Initiativen dort jeweils deutlich später gestartet sind. Diese freiwilligen Maßnahmen haben somit insbesondere den Effekt, dass eine breitere Öffentlichkeit für den Moorschutz sensibilisiert wird, der Flächenumfang ist indes bisher im Sinne einer flächenrelevanten Umsetzungsstrategie eher als symbolisch anzusehen. Vielversprechender erscheinen hingegen auf Freiwilligkeit beruhende, von den Wasser- und Bodenverbänden in Norddeutschland organisierte Flächentausche zwischen Landeigentümern, um so in polderähnlichen Strukturen definierte Areale im Winter mit hohen Grundwasserständen zu versehen mit dem Ziel, die Moorsackung zu bremsen und so notwendige weitere Entwässerungsmaßnahmen hinauszuzögern (Hötker 2016).

Die Akzeptanz der Aufgabe von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mooren schwindet in den landwirtschaftlichen Unternehmen bei zunehmender Wertschöpfung von der Fläche¹⁰⁹, insbesondere im Betriebszweig Milcherzeugung. In den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-

¹⁰⁹ In Abbildung 5.1 wird deutlich, dass in vielen Regionen mit einem hohen Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche auf Mooren auch der Standarddeckungsbeitrag je ha LF hoch ist.

Holstein mit jeweils hohen Anteilen von Moorstandorten an der landwirtschaftlich genutzten Fläche als Futtergrundlage für die Milcherzeugung sind u. a. aufgrund der Flächenknappheit und damit verbundener umweltgesetzlicher Regelungen (Düngeverordnung, 170 kg N/ha-Regelung) die Opportunitätskosten für freiwillige Nutzungseinschränken für die Betriebe erheblich. Freiwillige Maßnahmen werden in diesen Regionen deshalb kaum greifen oder müssten außerordentlich attraktiv ausgestaltet sein.

Aufgrund des großen THG-Potenzials sind auch ordnungsrechtliche Instrumente denkbar, die einen Ausgleich für die betroffenen Landnutzer aufgrund des völligen Ausschlusses einer sinnvollen privatnützigen Verwendung vorsehen (s. Kap. 4.3). Die großflächige Umsetzung der Maßnahme dürfte politisch und rechtlich schwer durchsetzbar sein.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Es wird die bisherige landwirtschaftliche Produktion (in vielen Fällen Futterbau zur Milcherzeugung) auf den Flächen verdrängt. Nach Osterburg et al. (2013a: 103) sind „im Vergleich zu den sehr hohen Treibhausgasemissionen aus entwässerten Mooren [...] diese Emissionen aus der Intensivierung oder Neukultivierung anderer Flächen viel geringer. Nasse Moorflächen eignen sich jedoch zur Produktion nachwachsender Rohstoffe, z. B. Torfmoose und Gräser als Torfersatzstoffe. Die nasse Moornutzung („Paludikultur“) ist noch in der Pilotphase.“

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Trotz der unbestritten großen Bedeutung für den Klimaschutz ist diese Maßnahme bisher kein Teil der nationalen Treibhausgasinventur. Vorläufige Schätzungen des Thünen-Instituts zur Wiedervernässung von Mooren seit 1990 belaufen sich auf mehrere 10.000 ha. Für eine Anrechnung müssen die wiedervernässten Flächen vollständig erfasst werden. Hierfür existieren noch keine ausreichenden Daten (Osterburg et al. 2013a).

Bewertung: Osterburg et al. (2013a) schlagen die prioritäre Behandlung der Maßnahme vor, wobei von einem Umsetzungszeitraum von 20 bis 30 Jahren auszugehen ist. Dabei sollten zunächst die Moorstandorte mit niedrigen Vermeidungskosten (also in den Regionen mit weniger intensiver landwirtschaftlicher Nutzung) in den Blick genommen werden. Allerdings heben Osterburg et al. (2013a) auch den dringenden Forschungsbedarf hinsichtlich der Nutzung wiedervernässter Moore hervor. Zudem hängt das Gelingen der Maßnahme sehr stark von der korrekten Planung und Durchführung ab. Ansonsten können, z. B. wenn die Wiedervernässung zu eutrophen Flachwasserseen mit viel Vegetation führt (Bedingungen hierfür bestehen z. B. in Mecklenburg-Vorpommern), hohe CH₄-Emissionen entstehen.

Eine Kombination aus an die jeweiligen standörtlichen (ökologischen und ökonomischen) Bedingungen angepasster Maßnahmen (Wiedervernässung bzw. Extensivierung) in der Landschaftsmatrix wird von den Beiräten als zielführend angesehen. Wenn die Alternative zu einer Wiedervernässung von Moorflächen in Deutschland (vielfach landwirtschaftliche Gunstregionen, z. B. Grünlandniederungsgebiete für die Milcherzeugung) darin besteht, die derzeit insbesondere in östlichen und skandinavischen EU-Mitgliedstaaten in erheblichem Umfang stattfindenden Moor-

kultivierungen zur Erschließung neuer landwirtschaftlicher Flächen zu reduzieren, so spricht vieles für Letzteres. Bei einer Wiedervernässung ist eine Klimaneutralität in der Regel erst nach 20 Jahren erreicht. Der ökologische Wert einer wiedervernässten Fläche liegt zudem deutlich unter dem eines ungestörten Moores. Daher wäre es erheblich kosten- und klimaeffizienter, dort die Mittel zur Erhaltung intakter Moore zu investieren als hier für die Wiedervernässung oder Extensivierung in Regionen mit hoher landwirtschaftlicher Wertschöpfung (Taube 2013a).

5.2.1.2 Reduzierung der Verwendung von Torf als Pflanzsubstrat¹¹⁰

Bezeichnung der Maßnahme: Reduzierung der Torfverwendung im Profi- und Hobbybereich

Beschreibung: Die Verwendung von Torf führt zu THG-Emissionen aus der Abtorfung, der Mineralisierung des Torfs und der nachfolgenden Nutzung der abgetorften Fläche. Die in der gartenbaulichen Produktion als Pflanzsubstrat verwendeten Torferden stammen aus Hochmooren. Die in der EU genutzten Pflanzsubstrate bestehen im Durchschnitt zu 77 % aus Torf (Schmilewski 2008). Laut Bundesregierung (2016) wurden nach Schätzungen des Industrieverbands Garten aus dem Jahr 2011 in Deutschland zur Herstellung von Blumenerden und Kultursubstraten etwa 8,5 Mio. m³ Torf verwendet. Etwa 1 Mio. m³ weitere Zuschlagstoffe wie Rindenhumus, Holz- und Kokosfasern sowie Komposte werden demnach mit verarbeitet. Bei der Verwendung entfallen 55 % der Erden und Substrate auf den Erwerbsgartenbau, 35 % auf den Hobbygartenbau und 10 % auf den Garten- und Landschaftsbau (Flessa et al. 2012). Im Hobbygartenbau beträgt nach Angaben der Bundesregierung (2016) der Torfanteil 77 %, in Substraten für den Erwerbsgartenbau 93 %.

Vollwertige Ersatzprodukte mit gleichen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften stehen derzeit nur begrenzt zur Verfügung. In der professionellen Pflanzenproduktion begünstigen Torfsubstrate eine automatisierte, einheitliche, terminorientierte und preiswerte Massenproduktion. Außerdem haben Torfsubstrate einen breiteren Komfortbereich bezüglich Wasser und Nährstoffversorgung sowie eine geringere Nitratauswaschung. Obgleich vermehrt Substrate eingesetzt werden, bei denen bis zu 20 % des Torfanteils durch Ersatzstoffe ersetzt werden und mit diesen auch gute Erfahrungen im Profibereich gemacht wurden, sieht die Branche derzeit keine Möglichkeiten zur vollständigen Reduzierung im Profibereich (ZVG 2014).

Maßnahmenszenario: Reduzierung des Torfverbrauchs im Garten- und Landschaftsbau und im Erwerbsgartenbau um 50 % sowie Reduzierung um 100 % im Hobbygartenbau. Großbritannien

¹¹⁰ Siehe Osterburg et al. (2013a: 108 f.).

will durch Umsetzung eines freiwilligen Ansatzes mit der Industrie, dem Handel und der Verbraucher bis 2020 auf die Torfverwendung im Hobbygartenbau vollständig verzichten (DEFRA 2011).¹¹¹

THG-Minderungspotenzial: Im Jahr 2008 betrug in Deutschland die CO₂-Freisetzung durch Torfabbau und -nutzung ca. 1,9 Mio. t CO₂-Äq (nach Umweltbundesamt, zitiert in Osterburg et al. 2013a). Durch eine Reduktion des Torfverbrauchs (um je 50 % im Garten- und Landschaftsbau und Erwerbsgartenbau sowie vollständiger Verzicht im Hobbygartenbau) könnten somit ca. 1,3 Mio. t CO₂-Äq/Jahr eingespart werden. Somit kann von einem geschätzten Potenzial von rund 1,1 bis 1,5 Mio. t CO₂-Äq/Jahr ausgegangen werden (basierend auf Flessa et al. 2012). Hinzu würden noch vermiedene Emissionen aus dem Abbau außerhalb Deutschlands kommen. Allerdings sind auch die Verarbeitung, der Transport und die Vermarktung etc. von Torfersatzstoffen nicht frei von THG-Emissionen. Diese sind jedoch in der Bilanz deutlich geringer als die der Torfherstellung (EdDE 2007, Quantis 2012, Springer 2010).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Diese Emissionen wären dann vermieden, wenn auch die Mineralisierung des noch in den Abbaustätten gespeicherten Kohlenstoffs durch Wiedervernässung verhindert wird. Somit hängt der Erfolg dieser Maßnahme mit einer erfolgreichen Wiedervernässung von Mooren zusammen (s. Kap. 5.2.1.1). Die Vermeidung der THG-Emissionen ist reversibel, denn die Moorflächen könnten wieder entwässert und abgebaut werden (Flessa et al. 2012).

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die ökologischen Auswirkungen der Maßnahme entsprechen den in Kap. 5.2.1.1 aufgeführten, vorrangig positiven Effekten. Substrate mit hohem Torfanteil verursachen tendenziell mehr THG als Ersatzstoffe wie Kokosfasern oder Grünschnitt-Kompost. Allerdings fallen bei der Herstellung der Ersatzstoffe größere Mengen an Substanzen mit negativen Auswirkungen auf Ökosysteme und die menschliche Gesundheit an (Quantis 2012). Es bestehen Nutzungskonflikte zwischen der Verwendung von Biomasse als Torfersatz und der energetischen Nutzung (z. B. bei Rinden, Holz- und Kokosfasern, Miscanthusfasern und -häcksel) zur Substitution von fossilen Energieträgern.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Vermeidungskosten entstehen durch höhere Kosten für Torfersatzstoffe und wenn diese aufgrund veränderter Substrateigenschaften Einbußen in der Produktivität nach sich ziehen. Professionelle Substrate mit einem um 20 % geringeren Torfanteil sind ca. 10 bis 30 % teurer als gängige torfbasierte Substrate. Limitierend für einen stärkeren Torfersatz ist nach Osterburg et al. (2013a) bisher die mangelnde Verfügbarkeit ausreichender Mengen an Ersatzstoffen.

¹¹¹ Allerdings wurden im Jahr 2014 laut einer offiziellen Umfrage des britischen *Department of Environment, Food and Rural Affairs* (DEFRA 2015) im Privatbereich noch wesentlich mehr Torfprodukte verwendet als im professionellen Bereich.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Die Umsetzung der Maßnahme wird in der Branche auf Widerstand stoßen, wobei sich allerdings auch neue Geschäftszweige durch den Verkauf von Torfersatzstoffen ergeben. Auch in Gartencentern spielt der Verkauf an Erden quantitativ eine wichtige Rolle, und die Nachfrage nach torffreien Erden ist eher gering. Da die Konzessionen für die Torfabbaustätten dem Bergrecht unterliegen, sind sie – soweit sie als Bewilligungen vergeben wurden – nur erschwert wieder zurückzunehmen.

Das Reduktionspotenzial ist v. a. nachfrageseitig zu adressieren, d. h. bei Hobbygärtnern sollte durch Information und die Schaffung entsprechend attraktiver Alternativangebote eine Verhaltensänderung erreicht werden. Im professionellen Bereich kann die Entwicklung von möglichst klimafreundlichen Torfersatzstoffen durch Forschungsförderung vorangetrieben werden. Wichtig ist z. B. die Sicherstellung einer einheitlichen Qualität der Torfersatzstoffe. Auch sollten bisher im Test befindliche Stoffe weiterentwickelt werden (wie z. B. *Sphagnum-farming*). Im Hobbygartenbau kann die Verwendung von Torferden verboten werden, bei öffentlichen Aufträgen im Garten- und Landschaftsbau kann die Verwendung von Torfersatzstoffen in den Vergaberichtlinien vorgegeben werden (Osterburg et al. 2013a).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Treibhausgase können v. a. durch nachfrageseitige Verhaltensänderungen vermieden werden. Reduziert man nur den Torfabbau in Deutschland bei gleichem Verbrauch, verlagert sich der Abbau ins Ausland. Viele Moore, aus denen Torf in (Nord-)Deutschland abgebaut wird, sind bereits trockengelegt. Um die Emissionen aus der Mineralisierung zu verhindern, reicht daher ein Stopp des Torfabbaus nicht aus. Erforderlich wäre hierzu eine Wiedervernässung.

Abbildung in der THG-Berichterstattung: Die Emissionen aus dem Abbau von Torf innerhalb Deutschlands werden in der nationalen Berichterstattung erfasst (Osterburg et al. 2013a).

Bewertung: Obgleich Torf hervorragende Eigenschaften für die gärtnerische Produktion besitzt und die Verwendung von Ersatzstoffen höhere Anforderungen an das Management stellt, ist eine schrittweise Reduzierung der Torfverwendung grundsätzlich möglich. Eine Reihe von Torfersatzstoffen ist bereits verfügbar. Die Nutzung von Holzfasern, Kompost oder Kokos hat sich in vielen Substratmischungen gartenbaulich bereits bewährt (Klasmann-Deilmann 2014). Im Hobbygartenbau, wo ebenfalls große Mengen an Torfsubstraten genutzt werden, könnte die Reduzierung wesentlich schneller erfolgen.

5.2.2 Erhaltung von Grünland

5.2.2.1 Erhaltung von Dauergrünland¹¹²

Bezeichnung der Maßnahme: Erhaltung von Dauergrünland

Beschreibung der Maßnahme: Grünlandböden speichern aufgrund der unterlassenen Bodenbearbeitung und der hohen Kohlenstoffeinträge über Gräserwurzeln mehr Kohlenstoff als Ackerböden. Die Kohlenstoffkonzentration im Oberboden von Grünland liegt in der Regel in der Größenordnung von 50 % über der von Ackerflächen (Conant et al. 2001). In Abhängigkeit von Bodentextur, Bodenhydrologie und klimatischen Bedingungen schwankt die Menge an sequestriertem Kohlenstoff im Boden unter Grünland stark, und der Unterschied zum Acker nimmt in Deutschland eine Spanne von 20 % bei gut durchlüfteten Sanden bzw. lehmigen Sanden (Herrmann et al. 2014) bis zu über 50 % bei tonreichen Substraten oder Anmooren und Mooren mit hohen Grundwasserständen ein (Johnston et al. 2009, Flessa et al. 2012). Bei der Umwandlung von Dauergrünlandflächen in eine Ackernutzung wird organische Bodensubstanz mineralisiert und als CO₂ in die Atmosphäre emittiert. Gleichermaßen wird Stickstoff freigesetzt.

„In Abhängigkeit von Standort und Management variiert die N-Mineralisation im ersten Jahr nach der Umwandlung zwischen 127 bis 400 kg N/ha (Velthof et al. 2002).“ (Osterburg et al. 2013a: 99). Die Umsetzung verursacht in der Regel erhebliche N₂O-Emissionen (Reinsch et al. 2014). Nach Osterburg et al. (2013a) tritt eine erhöhte N₂O-Freisetzung v. a. bei Grünlandumbruch im Herbst auf, da der mineralisierte Stickstoff außerhalb der Vegetationsperiode nur in sehr geringem Umfang von den Pflanzen aufgenommen wird (Vellinga et al. 2004, Reinsch et al. 2014).

Die Freisetzung von CO₂ beim Umbruch von Dauergrünland kann aufgrund ihres Umfangs („*fast out*“) durch eine Neuschaffung von Grünland in absehbarer Zeit nicht wieder kompensiert werden („*slow in*“). In Abhängigkeit von der Bodentextur, des Grundwasserstands und den klimatischen Bedingungen kann dies im Extremfall erst nach 200 Jahren erreicht sein (Poeplau et al. 2011), zumeist aber schon nach 20 bis 30 Jahren (Linsler et al. 2014). Daher sollte das existierende, aus Klimaschutzgründen besonders wertvolle Dauergrünland flächenscharf erhalten werden.

Maßnahmenszenario: Erhaltung des Dauergrünlandes im jetzigen Umfang auf den jetzigen Flächen.

THG-Minderungspotenzial: „Im Nationalen Treibhausgasinventar (aktuelle Berechnung für Submission 2013) sind in den letzten Jahren jährlich 34.100 ha Grünlandumbruch verbucht worden, wobei die starke Umbruchswelle in Norddeutschland nur unvollständig erfasst wurde. 2.300 ha

¹¹² Siehe Osterburg et al. (2013a: 98-100).

davon sind auf organischen Böden, auf denen laut BNatSchG Grünlandumbruch verboten ist. Dies resultiert in jährlichen Treibhausgasemissionen von 2,5 bis 3,1 Mio. t CO₂-Äq, die komplett bei unterlassenem Grünlandumbruchverbot eingespart werden“ (Osterburg et al. 2013a: 99). Dies entspricht 73 bis 91 t CO₂-Äq/ha. Osterburg et al. (2013a) gehen davon aus, dass nach einer Grünlandumwandlung der C-Vorrat im oberen Boden um ungefähr ein Drittel zurückgeht.

In jüngster Zeit, insbesondere seit 2013, ist allerdings wieder eine Zunahme des Dauergrünlandanteils in Deutschland zu beobachten. Ursache hierfür dürfte u. a. das Auslaufen der obligatorischen Flächenstilllegung im Jahr 2008 sein. Diese Stilllegungsflächen wurden seinerzeit häufig mit Grünlandmischungen eingesät und seitdem futterbaulich genutzt. Nach fünf Jahren erhielten sie daraufhin automatisch den Status als Grünland und sind damit vom Umbruch ausgeschlossen (es sei denn, es wird eine entsprechende Ersatzfläche bereitgestellt). Bei diesen Flächen handelt es sich um klassische langjährige Ackerflächen und somit um „fakultatives“ Grünland. Die Klimaschutzwirkung durch gesetzlich vorgeschriebene Erhaltung dieser Flächen ist zweifelhaft, da zum einen reduzierte Kohlenstoffspeicherkapazitäten im Vergleich zu den klimarelevanten Dauergrünlandflächen dokumentiert (Herrmann et al. 2014) und zum anderen die Verlagerungseffekte bei diesen ackerbaulich gut nutzbaren Flächen höher sind als bei absoluten Grünlandflächen (Taube 2013b).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die THG-Minderung ist reversibel. Wird der Grünlandumbruch durch die Maßnahme nur zeitlich verschoben, treten die THG-Emissionen lediglich später auf.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Der Erhalt der Dauergrünlandflächen ist aus Sicht des Gewässer-, Boden- und Biodiversitätsschutzes positiv zu sehen. Grünlandumbruch verursacht unter humiden Klimabedingungen stets eine Nitratauswaschungsspitze in der Größenordnung zwischen 60 und 100 kg N/ha im Winterhalbjahr nach dem Umbruch. Herbstumbrüche wirken hier besonders negativ. Allerdings ist dieser Effekt weitgehend auf die erste Sickerwasserperiode nach dem Umbruch beschränkt (Kayser et al. 2011, Reinsch et al. 2014). Auf umgebrochenen Flächen in erosionsgefährdeten Lagen ist die Erosionsgefahr höher. Auch bezüglich des Schutzes von Arten und Habitaten ist der Umbruch von Grünlandflächen negativ zu bewerten, wobei das Maß von der Artenzusammensetzung des Grünlands abhängt (Taube et al. 2014).

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Für den Landwirt fallen Opportunitätskosten an, wenn die Nutzung der Fläche als Grünland (insb. Milchproduktion) weniger rentabel ist als die Nutzung als Acker (z. B. Getreideproduktion). Wenn sich für den Grünlandaufwuchs neue Nutzungsmöglichkeiten als nachwachsender Rohstoff für die stoffliche oder energetische Nutzung ergeben sollten, reduzieren sich die Opportunitätskosten. „Geht man von einer unbefristeten Dauer der Zahlungen (ewige Rente) aus, setzt den Unterschied in der Wirtschaftlichkeit zwischen Acker und Grünland mit dem der mittleren Pachtpreise gleich ([jährlich] 100 bis 200 €/ha) und unterstellt eine Gesamtvermeidung von ungefähr 140 t CO₂-Äq/ha (Mineralboden), so ergeben sich Kosten in Höhe von 15 bis 60 €/t CO₂-Äq.“ (Osterburg et al. 2013a: 99).

Politische Maßnahmen, politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Zum Grünlanderhalt werden bereits heute unterschiedliche ordnungs- und förderrechtliche Instrumente eingesetzt (Möckel et al. 2014, Röder et al. 2015b).

Viele artenreiche Grünlandbestände sind durch das Bundesnaturschutzgesetz oder durch die europäische Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie geschützt. Die Vogelschutzrichtlinie verlangt den Erhalt der Lebensräume vieler typischer Wiesenvögel. Das Bundesnaturschutzgesetz verbietet die Umwandlung von Grünland „auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten“. Zudem schränken z. T. auch landesrechtliche Vorgaben die Umwandlung von Grünland ein. Trotz dieser ordnungsrechtlichen Vorgaben kommt es nach Röder et al. (2015b) selbst in gesetzlich geschützten Gebieten zu einem Grünlandverlust, da die entsprechenden rechtssicheren Kulissen, also amtlich ausgewiesene Naturräume, z. T. fehlen. Die Bundesländer haben allerdings in den vergangenen Jahren die Böden mit hohem C-Freisetzungs- bzw. C-Sequestrierungspotenzial jeweils landesweit kartiert. Diese Flächen sind *de jure* bereits vom Umbruch ausgeschlossen und aus Sicht des Klimaschutzes unbedingt erhaltenswert, da sie die Kriterien des absoluten Grünlands erfüllen (d. h. auch aus ökonomischer Perspektive nicht nachhaltig zur Ackernutzung geeignet sind). Entsprechende Kartierungsgrundlagen wurden vom Thünen-Institut erarbeitet (Freibauer et al. 2012a) und seitdem in den Bundesländern umgesetzt (vgl. Boess et al. 2011 für Niedersachsen). Die unter 5.2.1.1. angesprochenen Moorböden entsprechen durchweg dieser Kategorie.

Förderrechtlich kommt sowohl dem Grünlanderhaltungsgebot als einer *Greening*-Vorgabe zum Erhalt der Direktzahlungen im Rahmen der 1. Säule der GAP als auch auf Grünland ausgerichteten Agrarumweltmaßnahmen der 2. Säule eine wichtige Bedeutung zu (s. Kap. 3.2.2). Nach Grajewski und Schmidt (2015) wurden 2013 Agrarumweltmaßnahmen auf 1,8 Mio. ha bzw. 31 % der Grünlandfläche in Deutschland durchgeführt.

Die Erhaltung von Dauergrünland ist derzeit relativ einfach administrier- und kontrollierbar, da die Landwirte mit ihren Anträgen auf Direktzahlungen (1. Säule der GAP) bereits jetzt alle notwendigen Informationen jährlich bereitstellen.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Der Grünlanderhalt führt zu einer Verknappung von Ackerfläche und erhöht dadurch tendenziell den Flächen- und Intensivierungsdruck außerhalb Deutschlands. Andererseits verringert die Nutzung des Grünlandaufwuchses die Nachfrage nach Futtermitteln (oder nachwachsenden Rohstoffen, wenn der Aufwuchs hierfür genutzt wird) aus anderen Regionen. Osterburg et al. (2013a) vermuten, dass sich beide Effekte relativ stark kompensieren.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: In der Quellgruppe 4 (LULUCF) werden die CO₂-Emissionen aus der Umwandlung von Grünland in andere Flächenkategorien abgebildet, nicht jedoch die N₂O-Freisetzungen.

Bewertung: Unter Klima- und auch weiteren Umweltgesichtspunkten ist ein flächenscharfer Erhalt des existierenden Dauergrünlandes prinzipiell zu empfehlen, da mit einem Umbruch erhebliche CO₂-Freisetzungen verbunden sind und auf Standorten mit hoher Bodenfeuchte nennenswerte N₂O-Emissionen bei einer intensiven ackerbaulichen Nutzung auftreten würden. Da die C-Speicherung bei der Umwandlung von Acker- in Grünland sehr viel langsamer abläuft als die C-Freisetzung bei der umgekehrten Umwandlung („*fast out, slow in*“), ist der Erhalt existierender Grünlandflächen wichtiger als die Neuanlage von Grünland. Für die Erhaltung des Grünlandes ist es wichtig, dass ökonomisch tragfähige Nutzungskonzepte existieren (Osterburg et al. 2013a). Von der flächenscharfen Grünlanderhaltung könnte man dann abweichen, wenn C-arme Grünlandböden (mineralische Böden, „fakultatives Grünland“) umgebrochen werden und stattdessen organische Ackerböden in Grünland umgewandelt würden.

5.2.2.2 Umwandlung von Acker- zu Dauergrünland¹¹³

Bei einer Umwandlung von Acker zu Dauergrünland wird Kohlenstoff im Boden festgelegt. Die Minderungen sind bei einer Rückverwandlung in Ackerland allerdings vollständig reversibel. Da der Abbau der C-Bodenvorräte bei fortgeführter ackerbaulichen Nutzung stark mit der Höhe der Bodenvorräte korreliert, sollte eine Umwandlung zu Grünland insbesondere auf Böden mit hohem Kohlenstoffvorrat erfolgen. Organischer Kohlenstoff wird nach der Umstellung der Bewirtschaftung in Mineralböden in Abhängigkeit der unter 5.2.1.1. dargelegten Einflussgrößen nur langsam über einen unterschiedlich langen Zeitraum festgelegt. „Bei Ausgangsbodenkohlenstoffgehalten von 46 t C/ha (mittleres Niveau) ist in den ersten 20 Jahren mit einer mittleren Anreicherung von 12 t CO₂-Äq/ha pro Jahr zu rechnen. Diese sinkt in den folgenden 80 Jahren auf 5 t CO₂-Äq/ha pro Jahr) (Poeplau et al. 2011). Ein neues Humusgleichgewicht wird nach Modellkalkulationen wahrscheinlich erst nach 200 Jahren erreicht (Poeplau et al. 2011).“ (Osterburg et al. 2013a: 101). Andererseits zeigen kurzfristige Unterbrechungen der Grünlandnutzung (auf grundwasserfernen fakultativen Grünlandstandorten) durch Ackerbau mit anschließender Wiederein-saat von Grünland bereits nach wenigen Jahren das Niveau der Ausgangsbestände (Linsler et al. 2013, Chen et al. 2016). Wie unter 5.2.2.1 dargelegt, ist der Erhalt existierender Grünlandflächen wichtiger als die Neuanlage von Grünland.

¹¹³ Siehe Osterburg et al. (2013a): 101-102

5.2.3 Maßnahmen zur Kohlenstofffestlegung über Moor- und Grünland-schutz hinaus

5.2.3.1 Humusschonende Bodenbewirtschaftung

„Reduzierte Bodenbearbeitung, Direktsaatverfahren, der Anbau von Zwischenfrüchten, die Fruchtfolgegestaltung und die Rückführung von Ernteresten haben einen Einfluss auf den Bodenkohlenstoffvorrat von Ackerböden.“ (Osterburg et al. 2013a: 89). Eine zusätzliche Aufnahme von Kohlenstoff ist allerdings nur zeitlich begrenzt bis zur Einstellung eines neuen Gleichgewichts des Humusvorrats möglich. „Bei Änderung der Bewirtschaftung kann der angereicherte Kohlenstoff schnell wieder freigesetzt werden. Bezüglich der reduzierten Bodenbearbeitung wurde unter mitteleuropäischen Verhältnissen eine Verlagerung des Humus zwischen den Horizonten, aber keine Kohlenstoffanreicherung beobachtet.“ (Osterburg et al. 2013a: 89). Übersichtsarbeiten auf der Basis einer großen Anzahl an Publikationen bei sehr heterogenen Standorten kommen einheitlich zu dem Ergebnis, dass es bei verschiedenen Intensitäten der Bodenbearbeitung zu deutlichen Verlagerungen des Bodenkohlenstoffs im Profil kommt, unter Berücksichtigung von Änderungen der Lagerungsdichte und einer ausreichenden Profiltiefe aber kaum Änderungen im Gesamtkohlenstoff nachweisbar sind (Frede et al. 1994, Powlson et al. 2016). Der verminderte Energiebedarf einer reduzierten Bodenbearbeitung im Vergleich zu konventionellen Verfahren wirkt direkt THG-mindernd, wohingegen die Auswirkungen auf N₂O-Emissionen unklar sind. Da das Treibhauspotenzial von N₂O ungefähr 300-mal so hoch ist wie das von CO₂, können N₂O-Emissionen die THG-Bilanz der Verfahren stark beeinflussen. Erste Ergebnisse zu *Strip-Till*¹¹⁴ lassen keine Vorteile hinsichtlich der Lachgasemissionen gegenüber Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung erkennen (Pietzner et al. 2015). Der Zwischenfruchtanbau weist nach Osterburg et al. (2013a) gewisse Potenziale als Klimaschutzmaßnahme auf, Unsicherheiten bestehen aber hinsichtlich der Lachgasbildung im Winterhalbjahr. Große Unsicherheit bei der Einschätzung von Verfahren zur Erhöhung des organischen C-Gehalts in Ackerböden besteht im Wesentlichen aufgrund der sehr heterogenen Datengrundlage. Teilweise werden Versuchsergebnisse aus der Umstellungsphase mit Resultaten aus langjährig differenziert bewirtschafteten Flächen verglichen.

Die o. g. Maßnahmen sind nach bisherigem Stand des Wissens daher nicht als Maßnahmen zur Kohlenstofffestlegung zu empfehlen. Sie sollten aber aus anderen Gründen des Ressourcenschutzes (Bodenschutz, Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, Vermeidung der Stickstoffauswaschung) umgesetzt werden (Osterburg et al. 2013a). Der Erkenntnistand zum Humusgehalt der Böden wird sich verbessern, wenn ab 2018 die Ergebnisse der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft bundesweit vorliegen (Thünen-Institut 2015).

¹¹⁴ Bei *Strip-Till* (Streifenbearbeitung) wird der Boden nicht ganzflächig, sondern nur im späteren Saatstreifen gelockert.

5.2.3.2 Einbringung von Biokohle in landwirtschaftlich bewirtschaftete Böden¹¹⁵

„Biokohle“ oder „Pflanzenkohle“ ist ein Sammelbegriff für „verschiedene unterschiedlich stark verkohlte organische Substanzen“ (Osterburg et al. 2013a: 85). Biokohle kann durch Pyrolyse oder durch hydrothermale Karbonisierung (HTC-Kohle) hergestellt werden. Bei Einbringung in landwirtschaftliche Böden können sie die Bodenkohlenstoffvorräte erhöhen – und damit potenziell eine neue C-Senke darstellen – und als Bodenverbesserer wirken (Osterburg et al. 2013a). Beachtenswert sind allerdings die große Anzahl an offenen Fragen wie auch der ungeklärte gesetzliche Rahmen einer eventuellen Applikation.

„Bei der hydrothermalen Karbonisierung werden ebenso wie bei der vapo-thermalen Karbonisierung feste Biomassen bzw. organische Reststoffe bei erhöhter Temperatur und erhöhtem Druck in Gegenwart von Wasser zu einem kohleähnlichen Produkt umgewandelt. Die auf diese Weise produzierte HTC-Kohle unterscheidet sich in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften von der eingesetzten Biomasse. Zusätzlich fällt Prozesswasser mit hohem Gehalt an organischen Substanzen an (CSB bis zu 50.000 mg/l) (Ramke 2009), welches entweder entsorgt werden muss oder als flüssiger Dünger mit sehr variabler stofflicher Zusammensetzung und Nährstoffwirkung eingesetzt werden kann“ (Osterburg et al. 2013a: 86). Hinsichtlich des Prozesses sind zwei verschiedene Verfahren zu unterscheiden. In der Pyrolyse wird unter Sauerstoffabschluss feste Biomasse umgesetzt, was der klassischen Herstellung von Holzkohle entspricht. Voraussetzung ist allerdings die Verwendung von Biomasse mit einem geringen Wassergehalt von maximal 30 bis 50 %. „Mehr als 50 % des Biomasse-Kohlenstoffs geht bei der Pyrolyse in das Synthesegas und das sog. Pyrolyseöl, während bei der hydrothermalen Karbonisierung fast 100 % des Biomasse-Kohlenstoffs in HTC-Kohle umgewandelt werden kann. Insbesondere für organische Reststoffe mit hohem Wassergehalt (z. B. Klärschlamm bzw. Faulschlamm) könnte die hydrothermale Karbonisierung einen eleganten Verwertungsansatz darstellen, da diese derzeit nicht oder kaum genutzt werden. Insofern kann die HTC-Technologie als eine zusätzliche Option zur Veredlung solcher Reststoffe angesehen werden“ (Osterburg et al. 2013a: 86).

Pflanzenkohle kann als sogenannter „Bodenverbesserer in der Landwirtschaft eingesetzt werden (Libra et al. 2011), sofern keine schadstoffbedingten Begrenzungen vorliegen. Die Verkohlung stellt in jedem Fall eine Hygienisierung der eingesetzten Biomasse dar, Pathogene werden abgetötet. Durch die Verkohlung kommt es zu einem Umbau der organischen Substanz, wodurch diese stabilisiert wird“ (Osterburg et al. 2013a: 86). Wie langfristig die Festlegung im Boden erfolgt, ist allerdings derzeit umstritten.

¹¹⁵ Siehe Osterburg et al. (2013a: 86-89).

Der Einsatz von Pflanzenkohle ist nur zu empfehlen, wenn eine synergetische Nutzung zwischen Kohlenstofffestlegung und Bodenverbesserung (Erhöhung des Ertrags und der Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen) erfolgt und die Risiken der Benetzungshemmung und des damit verbundenen erhöhten Oberflächenabflusses sowie der Schadstoffgehalte der eingebrachten Kohle geklärt sind. Beim gegenwärtigen Erkenntnisstand ist die Maßnahme unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten keine in nennenswertem Flächenmaßstab relevante Option (s. a. Osterburg et al. 2013a).

5.2.4 Maßnahmen zur Verbesserung der N-Effizienz der Düngung

5.2.4.1 Verbesserung der N-Effizienz der Düngung¹¹⁶

Bezeichnung der Maßnahme: Verbesserung der N-Effizienz der Düngung

Beschreibung der Maßnahme: „Zu den wichtigsten Ursachen der Treibhausgasemission aus der Landwirtschaft zählt der Einsatz von Stickstoffdüngern. Ihre Anwendung ist verbunden mit direkten N₂O-Emissionen aus den gedüngten Böden, indirekten N₂O-Emissionen, die eine Folge des Austrags reaktiver Stickstoffverbindungen wie Nitrat und Ammoniak sind, sowie Emissionen, die im Zuge der Herstellung von N-Mineraldünger und des Transports der Düngemittel auftreten. Die Höhe direkter und indirekter Treibhausgasemissionen hängt neben der Höhe des N-Eintrags von einer Vielzahl von standörtlichen, klimatischen, pflanzenbaulichen, technischen und managementabhängigen Faktoren ab“ (Osterburg et al. 2013a: 69). Sämtliche hier subsumierten Einzelmaßnahmen zielen „auf eine Erhöhung der N-Produktivität (Relation von N-Output zu N-Input), die eine Senkung der N-Überschüsse bei Erhaltung eines hohen Ertragsniveaus erlaubt. Dadurch wird nicht produktiv eingesetzter Stickstoff eingespart, z. B. durch Reduktion der N-Mineraldüngung, während indirekte Effekte aufgrund verringerter Erträge vermieden werden.“ (Osterburg et al. 2013a: 69).

Zur Erreichung dieses Ziels sind sehr unterschiedliche Maßnahmen möglich. Neben produktionstechnischen Verbesserungen wie Optimierung der Düngeplanung und -ausbringung kann die N-Effizienz auch auf züchterischem Weg verbessert werden. Darüber hinaus kann sie durch alle anderen produktionstechnischen Maßnahmen, die bei gleichem N-Einsatz zu höheren Erträgen führen, verbessert werden. Zu nennen sind hier die Versorgung mit Grundnährstoffen, der Pflanzenschutz oder die Bewässerung. Hierbei ist allerdings beachtenswert, dass die Wirkungen oft nicht addierbar sind, sondern sich teilweise sogar widersprechen. Darüber hinaus sind einige Effekte hinsichtlich ihrer Nichtlinearität zu beachten. Einsparungspotenziale bestehen auch durch eine

¹¹⁶ Siehe Osterburg et al. (2013a: 69-71).

bessere Ausnutzung des Stickstoffs aus Wirtschaftsdüngern. Hierdurch lässt sich auch Stickstoff aus Mineraldüngern einsparen.

Maßnahmenszenario: „Gemäß Nachhaltigkeitsstrategie sollen die Gesamtbilanzüberschüsse ab dem Jahr 2010 auf 80 kg/ha LF gesenkt werden. Der N-Überschuss lag in den vergangenen Jahren bei über 80 kg/ha. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass der N-Saldo im Agrarsektor durch ein Bündel von Maßnahmen um 20 kg/ha gesenkt wird. Dieses Ziel ist kurz- bis mittelfristig erreichbar“ (Osterburg et al. 2013a: 69).

THG-Minderungspotenzial: Sollte diese Senkung über eine Einsparung von N-Mineraldünger erfolgen, werden laut Osterburg et al. (2013a) ca. 330.000 t N eingespart. Geht man davon aus, dass ein Kilogramm eingesparter Reinstickstoff in einer THG-Minderung von 17,5 kg CO₂-Äq resultiert (Flessa et al. 2012), läge die gesamte Minderung der THG-Emissionen bei 5,8 Mio. t CO₂-Äq/Jahr. Diese THG-Emissionen entstehen zum einen in der Produktion des N-Mineraldüngers (ca. 2,5 Mio. t CO₂-Äq), zum anderen als direkte und indirekte N₂O-Emissionen der landwirtschaftlichen Düngung (ca. 3,3 Mio. t CO₂-Äq).

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Alle Steigerungen der Produktivität durch einen optimierten Einsatz von N-Düngern haben eine Reihe von synergistischen Effekten auf andere Umweltziele wie Gewässerschutz und Erhalt der Biodiversität, Wald- und Bodenschutz.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: „Die THG-Vermeidungskosten sind bei der Einsparung nicht produktiv eingesetzter N-Mengen theoretisch sehr gering, z. T. können die eingesparten Kosten sogar den Mehraufwand übersteigen. Im Falle notwendiger Investitionen in neue Ausbringungstechnik oder Lagerraum für Wirtschaftsdünger, bei zusätzlicher Arbeitsbelastung oder Einsatz von Lohnunternehmen können aber auch erhöhte Kosten anfallen. Zu bedenken ist ferner, dass eine Senkung der N-Belastungen auch zu anderen Umweltzielen beiträgt, weshalb die Kosten nicht allein dem Klimaschutz angelastet werden sollten. Bei Vermeidungskosten von 0,5 € je vermiedenes kg N ergeben sich THG-Vermeidungskosten von 28,5 €/t CO₂-Äq, bei 1 €/kg N sind es 57 €/t CO₂-Äq.“ (Osterburg et al. 2013a: 70).

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Eine Verbesserung der N-Effizienz der Düngung kann durch eine Reihe von Maßnahmen unterstützt werden (Osterburg et al. 2013a): Anpassung des ordnungsrechtlichen Rahmens für die Düngung (v. a. Düngegesetz und Düngeverordnung), Information und Beratung, Agrarumweltmaßnahmen, investive Förderung für verbesserte Applikations- und Lagerungstechnik von Wirtschaftsdüngern, Stickstoffabgabe etc. Änderungen bei der Bewertung der Qualität von Backweizen könnten es ermöglichen, die Spätdüngung im Qualitätsweizenanbau zu reduzieren (vgl. Flessa et al. 2012), hierzu sind weitere Forschung und eine gezielte Unterstützung beim Transfer in die Praxis notwendig (Osterburg et al. 2013a).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Verdrängungseffekte durch Produktionsverlagerungen sind unter der realistischen Annahme von Ertragsstabilität bei den hier vorgestellten Maßnahmen nicht zu erwarten. Die chemische Industrie in der EU unterliegt seit 2013 auch mit ihren N₂O-Emissionen dem EU-Emissionsrechtehandelssystem. Geht die Mineraldüngerproduktion in der EU zurück, werden hierdurch THG-Emissionszertifikate freigesetzt, die für andere, Emissionsrechte benötigende Produktionsaktivitäten verwendet werden können. Dieser mögliche Verlagerungseffekt sollte durch eine entsprechende Anpassung der THG-Emissionszertifikate im EU-Handelssystem eingeschränkt werden.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: „Die Einsparung von N-Mineraldünger wird in der Emissionsberichterstattung erfasst, sie wirkt sich emissionsmindernd aus. Die Anpassungen in der N-Mineraldüngerproduktion werden in der chemischen Industrie erfasst, im Fall von Importen findet sich die Wirkung nicht im deutschen THG-Inventar“ (Osterburg et al. 2013a: 70).

Bewertung: „Die Senkung des sektoralen N-Überschusses ist ein zentrales umwelt- und klimaschutzpolitisches Ziel. Für die Fortschreibung des Aktionsprogramms zur EU-Nitratrichtlinie in Deutschland ist die Düngeverordnung durch eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe evaluiert worden. Darauf aufbauend wurden Änderungsvorschläge vorgelegt, die eine Verbesserung der pflanzenbedarfsgerechten Düngung und damit auch eine Erhöhung der N-Produktivität ermöglichen [s. a. WBA, WBD und SRU 2013]. Die Maßnahmen umfassen u. a. eine stärkere Einschränkung der Wirtschaftsdüngerbringung im Herbst, erhöhte Anforderungen an Ausbringung und Einarbeitung von Wirtschaftsdünger, eine Verbesserung der Kalkulation der Nährstoffsalden und des Vollzugs bei Saldenüberschreitung und eine Einbeziehung von Gärresten pflanzlicher Herkunft in Ausbringungsobergrenzen für organischen Stickstoff. Die Novelle der DüV sollte auch aus klimaschutzpolitischer Sicht möglichst sachgerecht und zeitnah umgesetzt werden, die Begleitung und Evaluierung sollte fortgesetzt werden. Im Rahmen der ELER-Programme sollten mögliche Förderungen weiterentwickelt und zur weiteren Verbesserung der Düngepraxis eingesetzt werden. Zur Anpassung an neue Anforderungen der DüV sollte insbesondere die Beratung sowie Investitionen in Gülleausbringungstechnik und Lagerraum gefördert werden“ (Osterburg et al. 2013a: 70 f.).

Auch andere Autoren benennen in internationalen Studien Verbesserungen in der Stickstoffeffizienz als besonders kosteneffiziente Klimamaßnahme (MacLeod et al. 2015). Sollte der Umsatz von N-Mineraldünger in der Landwirtschaft durch entsprechende Klimaschutzmaßnahmen verringert werden können, sollte auch im EU-Handelssystem für THG-Emissionszertifikate eine entsprechende Verknappung der Zertifikate folgen.

5.2.4.2 Weitere in der Diskussion befindliche Einzelmaßnahmen zur Verbesserung der N-Effizienz¹¹⁷

Die teilflächenspezifische Düngung als Komponente der sog. Präzisionslandwirtschaft verfügt über ein Potenzial, die Effizienz der Stickstoffdüngung durch eine optimierte räumliche und zeitliche Applikation zu verbessern. In der Entwicklung befinden sich Offline-Verfahren, die mit abgespeicherten Karteninformationen arbeiten, sowie sensorgestützte Verfahren. Im Idealfall können mit einer teilflächenspezifischen Düngung Mineraldünger eingespart werden. Nach Flessa et al. (2012) deuten Feldversuche auf ein durchschnittliches Einsparpotenzial von ca. 18 kg N/ha bzw. 315 kg CO₂-Äq/ha hin. Ob diese Maßnahmen dann auch ökonomisch realisierbar sind, hängt von notwendigen Investitionen sowie dem Umfang und der Heterogenität der Fläche ab. „Für eine sensorgestützte Düngung wurden mithilfe von Modellberechnungen für niedersächsische Betriebe THG-Vermeidungskosten in Höhe von 51 bis zu 327 €/t CO₂-Äq ermittelt.“ (Osterburg et al. 2013a: 72). Eine Einsparung von Mineraldünger würde in der Emissionsberichterstattung erfasst. Eine stärkere Etablierung der teilflächenspezifischen Düngung ist neben der Angleichung der gesetzlichen Regelungen für die Düngung (bes. Düngeverordnung) über Informationskampagnen und Investitionsförderung möglich.

Eine andere Option zur Verbesserung der N-Effizienz ist das sogenannte CULTAN-Verfahren (*Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition*). Hierbei wird eine Depotdüngung mit NH₄ in einer speziell platzierten Düngung oder Düngerinjektion ausgebracht. Klimarelevant ist hierbei insbesondere die Tatsache, dass von einer Verminderung der Lachgasemission aufgrund einer verminderten Nitrifikation und anschließend auch geringeren Denitrifikation im Vergleich zu einer breitflächigen Verteilung des Düngers auszugehen ist. „Mehrere Studien weisen darauf hin, dass die N-Produktivität der Düngung durch das CULTAN-Verfahren verbessert werden kann (s. Literatur in Spiess et al. 2006). Die wenigen Ergebnisse, die bisher zur Wirkung des CULTAN-Verfahrens auf die N₂O-Emission vorliegen, lassen jedoch derzeit keine gesicherte Bewertung der Klimawirksamkeit zu. Hierzu fehlen insbesondere Langzeitstudien an unterschiedlichen Standorten“ (Osterburg et al. 2013a: 73). Soll eine stärkere Verbreitung erreicht werden, könnte neben Informationskampagnen auch eine Förderung über entsprechend gestaltete Agrarumweltprogramme erfolgen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist der Erkenntnisstand zur Klimaschutzrelevanz des CULTAN-Verfahrens allerdings nicht überzeugend genug.

Eine weitere Maßnahme zur Verminderung der Emissionen wäre das Aussparen der Fahrspuren bei der N-Düngung. Hintergrund dieser Überlegungen sind die erhöhten N₂O Emissionen, die aufgrund von Staunässe und der damit zusammenhängenden geringeren Durchlüftung in verdichteten Böden auftreten. „Eine Verringerung der Bodenverdichtung und ein Aussparen der Fahrspuren bei der N-Düngung tragen daher zu einer Verringerung der N₂O-Emissionen bei. Das Ausspa-

¹¹⁷ Siehe Osterburg et al. (2013a:71ff).

ren der Fahrgassen bei der Düngung ist z. B. bei Gülleausbringung über Schleppschlauch möglich, nicht jedoch bei den in der Praxis weit verbreiteten Schleuderstreuern für Mineraldünger. Diese Maßnahme kann als Klimaschutzmaßnahme empfohlen werden, sie sollte als Beratungsinhalt in die Praxis getragen werden. Da die Maßnahme aber kaum kontrollierbar ist, ist sie in der Berichterstattung nicht sicher abbildbar“ (Osterburg et al. 2013a: 90, s. a. Schmeer et al. 2014).

5.2.5 Anbau von Leguminosen

5.2.5.1 Substitution von chemisch-synthetischen N-Düngern durch den Einsatz von Leguminosen¹¹⁸

Grundsätzlich ist eine Substitution von mineralischen N-Düngern durch Leguminosen aus Klimaschutzgründen immer dann sinnvoll, wenn die daraus resultierenden Ertragsreduktionen vergleichsweise gering sind (Vermeidung von *Leakage*-Effekten; in der Fruchtfolge muss die Verdrängung anderer Kulturen durch Leguminosen bilanziert werden) und die N-Fixierungsleistung der Leguminosen hoch ist. Diese Voraussetzungen treffen unter mitteleuropäischen Klimabedingungen uneingeschränkt nur für Futterleguminosen (Weiß- und Rotklee, Luzerne) zu, die nicht nur N-Fixierungsleistungen von mehr als 200 kg N/ha realisieren können (Loges et al. 2006), sondern auch positive Koppelleffekte auf die Boden-C-Speicherung aufzeigen, was bei Körnerleguminosen (z. B. Erbsen, Ackerbohnen, Lupinen) durchweg nicht der Fall ist. Darüber hinaus können Futterleguminosen mehrjährig kultiviert werden und tragen so durch die lange Bodenruhe zusätzlich zum Wasserschutz durch reduzierte Nitratausträge bei. Bei ähnlichen Ertragsniveaus wie im mineraldüngerbasierten Futterbau mit Gräserbeständen können mit Gemengen aus Futterleguminosen und Gräsern die spezifischen THG-Emissionen (CO₂-Äq je Einheit Futterenergie) um bis zu 75 % reduziert werden (Schmeer et al. 2015). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in nicht mineralisch gedüngten Gemengen aus Futterleguminosen und Gräsern ein nahezu nitratfreies Milieu in der Wurzelzone herrscht, das insbesondere die Potenziale für Lachgasemissionen massiv einschränkt. Hingegen führen mehrfache N-Düngerapplikationen in gedüngten Beständen zu sog. „Nitrat-Peaks“ in der Wurzelzone, die regelmäßig zu erhöhten Lachgasemissionen führen (Dittert et al. 2005, Lampe et al. 2006). Die Deutsche Agrarforschungsallianz hat diese Zusammenhänge in ihrer Grünland- (DAFA 2016) und Leguminosenstrategie (DAFA 2012) dargelegt.

Die Förderung des Anbaus von Futterleguminosen über Agrarumweltmaßnahmen (Fruchtfolgemaßnahmen) und auch als ökologische Vorrangfläche im Rahmen des *Greenings* der 1. Säule (s. Kap. 3.2.2) ist vor diesem Hintergrund folgerichtig, die entsprechende Förderung von Körnerleguminosen als Substitution für Sojaimporte hingegen weit weniger schlüssig (s. u.).

¹¹⁸ Siehe Osterburg et al. (2013a: 90).

5.2.5.2 Substitution von importierten Sojafuttermitteln durch im Inland erzeugte Körnerleguminosen¹¹⁹

Verschiedene Bundesländer in Deutschland fördern den Anbau von Körnerleguminosen mit dem Ziel, Sojaimporte zu substituieren. Inzwischen hat der Anbauumfang dieser Körnerleguminosen auch deshalb deutlich zugenommen, weil diese als ökologische Vorrangflächen im Rahmen des *Greenings* der 1. Säule (s. Kap. 3.2.2) berücksichtigt werden können. Grundsätzlich ist dort, wo Körnerleguminosen die Agrobiodiversität erhöhen, ein gewisser Anteil vertretbar. Aus Klimaschutzgründen ist diese Strategie jedoch nicht unbedingt plausibel; zum einen, weil die Körnerleguminosen durchweg vergleichsweise wenig ertragreich und ertragsunsicher sind, andere leistungsstärkere Kulturarten (Weizen, Mais) aus dem Anbau verdrängen und so *Leakage*-Effekte induzieren, und zum anderen werden Sojaimporte aus Südamerika in der Regel auf dortigen Ackerstandorten angebaut, womit das dLUC-Argument nur partiell greift. Selbst dort, wo dLUC relevant ist, z. B. bei Sojaanbau auf vormaligem natürlichem Grasland, sind durchaus positive Effekte auf die C-Sequestrierung dokumentiert (Taube et al. 2014). Darüber hinaus sind inzwischen Anstrengungen zu einem zertifizierten nachhaltigen Sojaanbau in Südamerika zu beobachten. Allerdings sind auch hinsichtlich der Ertragsicherheit und -höhe im heimischen Körnerleguminosenanbau bei erhöhter Nachfrage Verbesserungen über Züchtung und steigende Anbaukenntnis zu erwarten.

Wegen dieser Komplexität ist unter Klimaschutzgesichtspunkten weder eine eindeutige Bewertung von Sojaimporten noch eine grundsätzlich positive Bewertung des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland möglich.

5.2.6 Substitution fossiler Energien durch Bioenergie

Der WBAE und der WBW sehen in dem Anbau von Biomasse zum alleinigen Zweck einer energetischen Nutzung keine sinnvolle Klimaschutzmaßnahme.¹²⁰ Zum einen sind die THG-Vermeidungskosten hoch, zum anderen treten oftmals negative Auswirkungen auf Wasser, Boden, Biodiversität und Naturschutz auf (UBA 2013a, SRU 2013). Der Sachverständigenrat für Umweltfragen spricht sich in seinem Sondergutachten „Den Strommarkt der Zukunft gestalten“ dafür aus, dass „die Beendigung der Förderung von Anbau-Biomasse unbedingt erwogen werden“ sollte (SRU 2013: 110). In seinen Szenarien zum treibhausgasneutralen Deutschland geht das UBA (2013a: 20) davon aus, dass in der Landwirtschaft in Deutschland 2050 keine Biomasse mehr eigens für die energetische Nutzung angebaut wird. Der WBA hat sich bereits mehrfach kritisch

¹¹⁹ Siehe Osterburg et al. (2013a: 90 f.).

¹²⁰ Eine Ausnahme stellt Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. KUP) dar (s. Kap. 5.2.6.2).

gegenüber einer Förderung des Anbaus von Biomasse für energetische Zwecke geäußert (WBA 2007, 2011).

Wie in Kapitel 3.1 dargelegt, bestehen in Deutschland und in der EU zwar konkrete Ausbauziele für erneuerbare Energien, allerdings gibt es lediglich für den Verkehrssektor konkrete Zielvorgaben für den künftigen Anteil von Biomasse (Biokraftstoffe, z. B. Biodiesel, Bioethanol). Während bis Ende 2014 in der EU und in Deutschland ein energetischer Mindestanteil von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch vorgeschrieben war (Beimischungsquote), müssen seit 2015 Biokraftstoffe in einem solchen Umfang eingesetzt werden, dass bestimmte THG-Minderungen erreicht werden (s. Kap. 3.1). Zudem wurde mit der EU-Richtlinie 2015/1513 eine Höchstgrenze für Biokraftstoffe der ersten Generation eingeführt (max. 7 % des Kraftstoffverbrauchs). Mit der Novellierung des EEG im Jahr 2014 wurde erstmals der angestrebte Ausbau erneuerbarer Energien für Strom aus Biomasse begrenzt, und zwar auf maximal 100 MW/Jahr. Außerdem wurde die Vergütung für Biomasseanlagen drastisch reduziert. In der Folge ist der Zubau von Biomasseanlagen faktisch zum Erliegen gekommen. Auch im Referentenentwurf zum EEG 2016 (BMWi 2016) wird der Ausbaudeckel von jährlich 100 MW beibehalten.

Die Auswirkungen einer Substitution von Treibstoffen aus fossilen Energieträgern durch Biokraftstoffe auf den Klimaschutz hängen von der Höhe der Differenz der kumulierten THG-Emissionen beider Kraftstoffarten ab. Im Anbau von Energiepflanzen (z. B. Getreide für Ethanol, Raps für Biodiesel)¹²¹ kommt es zu direkten THG-Emissionen, und auch im vorgelagerten Bereich (besonders bei der Düngerproduktion), bei der Verarbeitung der Rohstoffe und in der Distribution fallen Emissionen an. Direkte und indirekte Landnutzungseffekte, die durch den Anbau von Energiepflanzen induziert werden, werden seit Jahren intensiv diskutiert (s. Kap. 2.1.2). Durch die relativ geringen Energieerträge (pro ha) bei der Produktion von Biokraftstoffen und da bisher vorrangig Ackerbaukulturen für die Kraftstoffproduktion verwendet wurden, ist von bedeutenden indirekten Effekten auf die Landnutzung auszugehen. Nach Junker et al. (2015) lässt sich unter Berücksichtigung dieser Aspekte die in der EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie (s. Kap. 3.1) künftig geforderte THG-Einsparung von 50 bzw. 60 % gegenüber fossilen Energieträgern mit Raps-Biodiesel kaum erreichen.¹²² Allerdings kann die Minderung der THG-Emission deutlich höher ausfallen, wenn flüssige Bioenergieträger statt im Verkehrssektor in stationären Anlagen verwendet werden.

Werden indirekte Landnutzungsänderungen berücksichtigt, kann der Einsatz von Biokraftstoffen auch dazu führen, dass insgesamt mehr THG emittiert werden. So heißt es in Erwägungsgrund 5

¹²¹ 2014 wurden in Deutschland 837.000 ha zur Biokraftstoffproduktion genutzt: 649.000 ha für Raps (Biodiesel/Pflanzenöl) und 188.000 ha für Pflanzen für Bioethanol (FNR, 2015).

¹²² Bei Verwendung von emissionsarm erzeugtem Stickstoffmineraldünger bzw. von Wirtschaftsdünger lassen sich nach Junker et al. (2015) demnach für Biodiesel THG-Einsparungen von 46 bis 48 % erreichen. Erfolgt die Konversion zu Biodiesel zudem mit energiearmen Verfahren, liegt die Einsparung insgesamt zwischen 54 und 57 %.

der Richtlinie (EU) 2015/1513, mit der die EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28) 2015 novelliert wurde: „ist davon auszugehen, dass indirekte Landnutzungsänderungen zu erheblichen Treibhausgasemissionen führen und die Treibhausgasemissionseinsparungen einzelner Biokraftstoffe teilweise oder ganz aufheben könnten.“ Der WBA hatte bereits 2007 in seinem Bioenergiegutachten dargelegt, dass die Erzeugung von Biokraftstoffen der ersten Generation keine sinnvolle Klimaschutzmaßnahme für Deutschland darstellt (vgl. auch Flessa et al. 2012).

Biokraftstoffe werden deshalb im Folgenden nicht weiter betrachtet. Die Betrachtung der Substitution fossiler Energie durch Bioenergie fokussiert nachfolgend auf Maßnahmen zur Steigerung der Klimateffizienz bestehender Biogasanlagen sowie auf den Einsatz biogener Festbrennstoffe aus landwirtschaftlicher Produktion (Kurzumtriebsplantagen, Miscanthus), die in der Literatur vielfach als eine Bioenergielinie mit sehr geringen THG-Vermeidungskosten genannt werden (z. B. WBA 2007).

5.2.6.1 Steigerung der Klimateffizienz bestehender Biogasanlagen

Mit Blick auf den Klimaschutz sind die hohen CO₂-Vermeidungskosten der Hauptkritikpunkt an der bisherigen Biogasförderung. Die Aussagen zu den CO₂-Vermeidungskosten variieren z. T. sehr stark in der Literatur. Gründe hierfür liegen v. a. in unterschiedlichen Annahmen zu den Substratkosten, dem Umfang der Wärmenutzung sowie den Gestehungskosten für den fossilen Strommix.

Der WBA hat in seinem Bioenergiegutachten (WBA 2007) darauf hingewiesen, dass die CO₂-Vermeidungskosten von auf Basis nachwachsender Rohstoffe betriebenen Biogasanlagen in einer Größenordnung von 300 €/t CO₂-Äq (ohne iLUC-Effekte) liegen (Referenz: damaliger Strommix in Deutschland). In seiner Stellungnahme zur Novellierung des EEG hat der WBA (2011) die Vermeidungskosten im Vergleich zur Stromproduktion auf Kohle- und Erdgasbasis mit rund 200 €/t CO₂-Äq angegeben. Osterburg et al. (2013a) gehen für typische Biogasanlagen bei einem Weizenpreis von 150 €/t von Vermeidungskosten von etwa 280 €/t CO₂-Äq (ohne iLUC-Effekte) aus, bei einem Weizenpreis von rund 220 €/t von etwa 380 €/t CO₂-Äq. Mit Berücksichtigung von iLUC-Effekten halten Osterburg et al. (2013a) eine Größenordnung von 400 €/t CO₂-Äq bis über 500 €/t CO₂-Äq für realistisch. Roth et al. (2011) ermitteln je nach Wärmenutzungsgrad und Substratzusammensetzung CO₂-Vermeidungskosten von 150 €/t CO₂-Äq bis 370 €/t CO₂-Äq für modellierte Anlagen. Für Praxisanlagen ermitteln sie Werte von 100 €/t CO₂-Äq bis über 700 €/t CO₂-Äq, wobei die CO₂-Vermeidungskosten mit zunehmendem Wirtschaftsdüngeranteil und zunehmender Wärmenutzung sinken.

Diese Größenordnungen zeigen, dass mit Energiepflanzen betriebene Biogasanlagen keine sinnvolle Klimaschutzmaßnahme darstellen. Günstiger sind dagegen Biogasanlagen einzuschätzen, die vornehmlich mit Gülle betrieben werden. Der WBA (2011) geht in seiner Stellungnahme zur Förderung der Biogaserzeugung durch das EEG von Vermeidungskosten in einer Größenordnung von 60 bis 120 €/t CO₂-Äq aus, wenn die Gülle mindestens 95 Masseprozent des Substrats

ausmacht. Osterburg et al. (2013) gehen von deutlich unter 200 €/t CO₂-Äq aus, wenn die Biogasinvestition gleichzeitig mit größeren Stallbaumaßnahmen getätigt wird, ansonsten von über 200 €/t CO₂-Äq.

Seit der Einführung des EEG kam es bis zum Jahr 2012 zu einem rasanten Zubau von Biogasanlagen. Aufgrund erstmals reduzierter Vergütungssätze im EEG 2012 und weiteren drastischen Reduzierungen im EEG 2014 ist der Zubau seither nahezu zum Erliegen gekommen. Eine Anlagenerweiterung ist nach dem Referentenentwurf zum EEG 2016 nur noch zur Flexibilisierung des Anlagenbetriebs möglich (BMW_i 2016). Damit Biogas gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt verstromt werden kann, müssen Biogasanlagen um zusätzliche Gasspeicher und Verstromungskapazitäten erweitert werden. Die Mehrkosten einer Flexibilisierung werden nicht vom Markt gedeckt, und die aus einer Förderung resultierenden CO₂-Vermeidungskosten sind, da als Ausgleichsenergie in aller Regel das vergleichsweise klimagünstige Erdgas in modernen Gaskraftwerken zum Einsatz kommen dürfte, relativ hoch (WBA 2011).

Wie im EEG 2014 wird der angestrebte Zubau für Biomasseanlagen auf jährlich 100 MW begrenzt. Für Biomasseanlagen soll sowohl für Bestands- als auch für Neuanlagen ein Ausschreibungsmodell eingeführt werden, mit dem die Förderhöhe zukünftig im Wettbewerb bestimmt wird. Hintergrund für die Teilnahmemöglichkeit von Bestandsanlagen an dem Ausschreibungsmodell ist die Befürchtung, dass ohne Anschlussperspektive viele Bestandsanlagen bereits vor Ablauf der 20-jährigen EEG-Vergütung aufgrund nicht mehr wirtschaftlicher Ersatzinvestitionen stillgelegt würden und dass nahezu alle Biogasanlagen ohne eine Anschlussförderung aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiter betrieben würden (BMW_i 2016). Das BMW_i (2016) hofft, dass Ausschreibungen für eine Anschlussförderung bewirken könnten, „dass die kostengünstigsten und effizientesten Bestandsanlagen weiterbetrieben sowie flexibilisiert und modernisiert werden“. Der Höchstwert für Strom aus Biomasse ist lt. Referentenentwurf in der Ausschreibung auf 14,88 ct/kWh begrenzt. Weiterhin dürfen die an der Ausschreibung teilnehmenden Biogasanlagen maximal 50 % ihres Substratinputs aus Maissilage und Getreidekörnern decken. Für die genaue Ausgestaltung der Ausschreibungsmodalitäten sieht der EEG-Entwurf 2016 eine Verordnungsermächtigung vor.

Im Vergleich zur Direktverstromung war bei der Biomethaneinspeisung in der Vergangenheit lange Zeit eine deutlich geringere Dynamik im Anlagenzubau zu erkennen. Im Jahr 2014 lag die eingespeiste Biomethanmenge bei 688 Mio m³ oder 7,5 Mrd. kWh (Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt 2016).

Bestehende Biogasanlagen weisen z. T. erhebliche Unterschiede in der Klimaschutzeffizienz auf. Im Folgenden werden daher zwei Maßnahmen betrachtet, die die Klimateffizienz bestehender Anlagen verbessern können, und zwar a) die gasdichte Abdeckung von Gärrestlagern und b) ein verstärkter Einsatz von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen.

5.2.6.1.1 Gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager¹²³

Bezeichnung der Maßnahme: Steigerung der Klimateffizienz bestehender Biogasanlagen durch die gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager

Beschreibung der Maßnahme: Bei nicht gasdicht abgedeckten Gärrestlagern gehen 3 bis 15 % der erzeugten Methanmenge verloren (FNR 2005, BMU 2008, Gärtner et al. 2008). „Dies entspricht einem Anstieg der THG-Emissionen im Vergleich zu einer Anlage mit abgedecktem Gärrestlager um 120 bis 615 g CO₂-Äq/kWh bzw. 36 bis 186 %“ (Osterburg et al. 2013a: 93). Aus diesem Grund wird seit dem EEG 2009 für viele Biogasanlagen (Gesamtfeuerungsleistung > 1 MW) ein gasdicht abgedecktes Gärrestlager vorgeschrieben. Seit der EEG-Novelle von 2012 müssen alle neuen Gärrestlager gasdicht abgedeckt sein. Die Maßnahme zielt daher auf vor 2012 bzw. 2009 errichtete, noch nicht gasdicht abgedeckte Gärrestlager. Die THG-Berichterstattung weist für 2014 aus, dass 39 % der Energiepflanzen-Gärreste (bezogen auf die zur Vergärung eingesetzte Frischmasse) und 42 % der Wirtschaftsdünger-Gärreste (bezogen auf die in Biogasanlagen eingesetzten N-Mengen) in nicht gasdicht abgedeckten Gärrestlagern gelagert wurden (UBA 2016a, b).

Maßnahmenszenario: Alle vorhandenen offenen Gärrestlager werden gasdicht abgedeckt.

THG-Minderungspotenzial: Osterburg et al. (2013a) schätzen grob, dass die Biogasanlagen ohne gasdicht abgedeckte Gärrestlager eine installierte elektrische Leistung von zusammen 1.100 MW haben. Bei einer Auslastung von 8.000 h jährlich ergibt sich eine Stromerzeugung von 8,8 Mio. MWh Strom/Jahr. Unter der Annahme eines Restgaspotenzials von 10 % ergibt sich ein THG-Minderungspotenzial von 4,3 Mio. t CO₂-Äq/Jahr (vgl. Osterburg et al. 2013a: 93). Aufgrund des hohen Lagervolumens und der damit verbundenen Kosten für eine gasdichte Abdeckung ist davon auszugehen, dass v. a. Anlagen mit hohen Gülleanteilen nicht gasdicht abgedeckt sind. Aufgrund der typischerweise geringeren Raumbelastung¹²⁴ ist für diese Anlagen von einem geringeren Restgaspotenzial auszugehen. Hinzu kommt, dass das Restgaspotenzial unter Laborbedingungen bei 37 °C gemessen wird. Unter Praxisbedingungen wird der Gärrest im Sommer bei etwa 25 °C bzw. im Winter bei etwa 10 °C gelagert, sodass in der Regel weniger als 50 % des Restgaspotenzials genutzt werden können (Reinhold und Gödeke 2013). Damit reduziert sich das THG-Minderungspotenzial auf maximal etwa 2,0 Mio. t CO₂-Äq.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die THG-Minderung tritt so lange auf, wie die Abdichtung gasdicht bleibt und die Biogasanlage genutzt wird. Unter den heutigen Rahmenbedingungen ist die Nutzung einer Biogasanlage ohne Förderung über das EEG nicht wirtschaftlich (bei Biogasanlagen auf Basis nachwachsender Rohstoffe liegen die Rohstoffkosten je

¹²³ Siehe Osterburg et al. (2013a: 92f).

¹²⁴ Die Raumbelastung gibt an, wieviel organische Trockensubstanz (oTS) dem Fermenter je m³ Arbeitsvolumen pro Zeiteinheit zugeführt werden kann und wird in kg organischer Trockensubstanz je m³ und Tag gemessen (FNR 2013).

nach Agrarpreisniveau bereits bei 7 bis 10 ct/kWh). Die Treibhausgasreduzierung ist daher nur über die Restlaufzeit der EEG-Vergütung gesichert. Da seit dem EEG 2012 alle Gärrestlager und seit dem EEG 2009 alle nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) genehmigungspflichtigen Anlagen gasdicht abgedeckt sein müssen, ist davon auszugehen, dass ein Großteil der nicht gasdicht abgedeckten Gärrestlager bereits vor 2009 gebaut wurde. Daher verfügen sie über eine Restlaufzeit von weniger als 13 Jahren.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Mit gasdichten Gärrestlagern können neben den Methan- und Lachgasemissionen auch die Emissionen von Ammoniak reduziert werden, die bei der Gärrestlagerung auftreten.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Nach einer Studie des IFEU (2008a: 17) liegen die THG-Vermeidungskosten zwischen 2 und 100 €/t CO₂-Äq.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Für Anlagen, die noch nicht der Verpflichtung zur gasdichten Abdeckung unterliegen, besteht Vertrauensschutz. Deshalb kann für diese Anlagen nicht nachträglich innerhalb des EEG eine solche Verpflichtung eingeführt werden. Finanzielle Anreize (z. B. Investitionszuschüsse) könnten aus Mitteln der 2. Säule gewährt werden oder das Ordnungsrecht im Bereich der allgemeingültigen Immissionschutzanforderungen verschärft werden. Für die Teilnahme an der im EEG-Entwurf 2016 vorgesehenen Ausschreibung für Biomasseanlagen sollte eine gasdichte Abdeckung Voraussetzung sein.¹²⁵ Da die gasdichte Abdeckung für Anlagen seit 2009/2012 Pflicht ist, sollte diese kontrollierbar sein.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Es sind keine Verdrängungs- und Verlagerungseffekte zu erwarten.

Abbildung in der THG-Berichterstattung: Die Methanemissionen aus der Gärrestlagerung werden in der THG-Berichterstattung in der Quellgruppe 3.J erfasst. Wenn die Strom- und Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern ersetzt wird, wird die Strom- und Wärmenutzung indirekt erfasst.

Bewertung: Die gasdichte Abdeckung von Gärrestlagern, die für neue Biogasanlagen seit 2009 bzw. 2012 Pflicht ist, ist eine relativ kostengünstige Klimaschutzmaßnahme und sollte daher verstärkt umgesetzt werden. Mit der Novellierung des EEG 2016 sollte die gasdichte Abdeckung für alle Biomasseanlagen, die an der vorgesehenen Ausschreibung teilnehmen, zur Pflicht werden.

¹²⁵ Aus dem Entwurf zum EEG 2016 geht noch nicht eindeutig hervor, ob dies eine Voraussetzung ist.

5.2.6.1.2 Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz in Bestandsanlagen

Bezeichnung der Maßnahme: Steigerung der Klimateffizienz bestehender Biogasanlagen durch verstärkten Einsatz von Wirtschaftsdünger

Beschreibung der Maßnahme: Wegen des hohen Wassergehalts von Gülle ist deren Energiedichte viel geringer als bei pflanzlichen Substraten wie Maissilage. Güllebasierte Biogasanlagen haben daher zumeist eine kleinere Kapazität als andere Anlagen oder sind als Gemeinschaftsanlagen mit einem ausgeklügelten Logistikkonzept für die Wirtschaftsdüngernutzung konzipiert. Dennoch führen insbesondere größere Gülleanlagen (> 75 kW) zu deutlich geringeren CO₂-Vermeidungskosten als Anlagen auf Basis von Maissilage (s. o.). Die Substitution von Maissilage durch Gülle kann daher die Klimateffizienz erhöhen.

Maßnahmenszenario: Sukzessiver Umbau der bestehenden Anlagen hin zu einer verstärkten Nutzung von Wirtschaftsdünger als Gärsubstrat

THG-Minderungspotenzial: Laut THG-Berichterstattung wurden 18 % des Wirtschaftsdüngers (bezogen auf Stickstoff) im Jahr 2014 in Biogasanlagen vergoren (UBA 2016a). Nach der Befragung von Biogasanlagebetreibern (Rücklauf: 12 % von 6.700 angeschriebenen Betreibern) des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) von 2015 (Scheftelowitz et al. 2015: 24) entfallen – bezogen auf die Frischmasse der zur Vor-Ort-Verstromung eingesetzten Substrate – 43 % auf Wirtschaftsdünger. Energiebezogen liegt der Anteil dagegen nur bei 14 %. Eigene Berechnungen auf Basis der vergorenen Wirtschaftsdüngermengen laut THG-Berichterstattung ergeben lediglich einen durchschnittlichen Wirtschaftsdüngeranteil im Anlagenbestand von etwa 34 Masseprozent. Somit scheinen in der Betreiberbefragung des DBFZ Anlagenbetreiber mit etwas höheren Wirtschaftsdüngermengen überrepräsentiert zu sein. Nach den Daten zur Wirtschaftsdüngervergärung aus der THG-Berichterstattung werden 2014 etwa 32 Mio. t Wirtschaftsdünger vergoren (UBA 2016a, b). Dies entspricht einem Anteil des im Stall anfallenden Wirtschaftsdüngeraufkommens von 21 %. Wird der Wirtschaftsdüngeranteil bei einer derzeitigen Stromproduktion von 29 TWh (FNR o. J.b) in den bestehenden Biogasanlagen (Vor-Ort-Verstromung) im Durchschnitt auf 50 % erhöht, werden etwa 56 Mio. t Wirtschaftsdünger benötigt (37 % des im Stall anfallenden Gesamtaufkommens). Wird er auf durchschnittlich 70 % erhöht, steigt die erforderliche Menge an Wirtschaftsdünger auf 115 Mio. t (73 % des Gesamtaufkommens). Steigt der Gülleanteil von 34 auf 50 % an, dann erhöht sich die THG-Vermeidung um ca. 0,05 kg CO₂-Äq/kWh, bei einer Erhöhung des Gülleanteils auf 70 % um 0,166 kg CO₂-Äq/kWh. Das gesamte THG-Einsparpotenzial beträgt folglich 1,5 Mio. t CO₂-Äq bzw. 4,8 Mio. t CO₂-Äq. Dieses Einsparpotenzial kann jedoch nur realisiert werden, wenn die Stromproduktion der Anlagen konstant bleibt und die zusätzlichen Kapazitäten für Fermentervolumen und Gärrestlager zugebaut werden. Wird aufgrund der geringeren Energiedichte der Gülle hingegen die installierte Leistung der Biogasanlagen verringert und an die vorhandenen Fermenterkapazitäten angepasst, verringert sich die potenzielle CO₂-Einsparung, weil die insgesamt aus Biogas erzeugte Strommenge sinkt und durch fossilen Strom ersetzt werden muss. Bei einem Gülleanteil von 34 % wer-

den je m³ Fermentervolumen 1,03 MWh Strom erzeugt, bei Gülleanteilen von 50 und 70 % sinkt die spezifische Stromerzeugung auf 1,00 bzw. 0,94 MWh/m³.¹²⁶ Dementsprechend sinkt die jährliche Stromproduktion aus Biogas um etwa 730 bzw. 2.400 GWh. Unterstellt man, dass diese durch Strom aus fossiler Erzeugung ersetzt wird¹²⁷, beläuft sich das THG-Minderungspotenzial der Maßnahme auf rund 1 bzw. 1,9 Mio. t CO₂-Äq.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die THG-Minderung tritt solange auf, wie die Biogasanlagen den veränderten Substratmix beibehalten und Strom produzieren. Sollte es für Biogasanlagen, die nach 20 Jahren aus der EEG-Vergütung ausscheiden, keine Anschlussförderung geben, ist in der Regel davon auszugehen, dass die Stromproduktion eingestellt oder auf Basis von Rest- und Abfallstoffen deutlich verringert wird. Wenn der Entwurf des EEG 2016 umgesetzt wird, werden Bestandsanlagen, die sich erfolgreich an dem Ausschreibungswettbewerb beteiligen, weitere zehn Jahre gefördert.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Gärsubstratreste stellen im Vergleich zu Gülle einen potenziell umweltfreundlicheren Dünger dar (bessere Stickstoffnutzungseffizienz, wenn bodennahe Applikationstechniken eingesetzt werden). Durch die Substitution von Mais durch Wirtschaftsdünger als Gärsubstrat können in geringem Umfang andere mit dem Anbau von Energiemais in der Praxis z. T. auftretende Umweltprobleme reduziert sowie die Flächennutzungskonkurrenz entschärft werden. Die absoluten Effekte dürften allerdings gering sein, da selbst bei einem Gülleanteil von 95 Masseprozent der Energieanteil aus Mais noch bei ca. 35 % liegt (s. WBA 2011). Aufgrund der geringeren Energiedichte und des höheren Wärmebedarfs sinken bei zunehmenden Gülleanteilen die Wärmeüberschüsse. Somit könnten bei steigenden Gülleanteilen in Bestandsanlagen die bestehenden Wärmekonzepte gefährdet werden. Hier ist zu prüfen, ob der Wärmebedarf ggf. gedeckt werden kann, wenn ein Teil des anfallenden Biogases nicht verstromt, sondern in Gasbrennern mit höheren thermischen Wirkungsgraden direkt in Wärme überführt wird.

Vermeidungskosten in € pro t CO₂-Äq: Nicht genau quantifizierbar, jedoch sind die Vermeidungskosten der Maßnahme negativ. Bei einem verstärkten Einsatz von Wirtschaftsdünger werden weniger nachwachsende Rohstoffe (Energiemais etc.) als Gärsubstrat eingesetzt. Deshalb können bei einer Umstellung bestehender Anlagen auf verstärkten Wirtschaftsdüngereinsatz die THG-Vermeidungskosten reduziert werden. Die Umstellung verursacht jedoch betriebswirtschaftlich zusätzliche Kosten durch eine technische Anpassung der Anlagen an Wirtschaftsdünger, ggf. Transportkosten für Gülle und durch eine Reduzierung der Menge des erzeugten Stroms je Anlage (Osterburg et al. 2013a). Für eine solche Umstellung müssten daher finanzielle Anreize geschaffen werden, da die bestehenden Anlagen Vertrauensschutz genießen. Volkswirtschaftlich ist

¹²⁶ Unter Annahme einer konstanten Raumbelastung von 2,5 kg organischer Trockensubstanz je m³ Fermentervolumen und Tag.

¹²⁷ Annahme: Emissionen fossiler Strommix: 0,755 kg CO₂-Äq/kWh bei 70 % Steinkohle und 30 % Gas.

eine Erhöhung der Gülleanteile jedoch positiv zu bewerten, da die CO₂-Vermeidungskosten mit zunehmenden Gülleanteilen sinken. Anlagenbetreiber können bei erfolgreicher Teilnahme an dem laut Entwurf für das EEG 2016 vorgesehenen Ausschreibungsverfahren von einer längeren Laufzeit der Einspeisevergütung profitieren. Wenn im Ausschreibungsverfahren für Biogasanlagen ein Mindestgülleanteil vorgegeben wird, ist davon auszugehen, dass v. a. Anlagen den Zuschlag erhalten, die am kostengünstigsten den Einsatz höherer Gülleanteile realisieren können.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Da vorhandene Anlagen Vertrauensschutz genießen, kann die Politik insbesondere über finanzielle Anreize einen verstärkten Wirtschaftsdüngereinsatz fördern. Denkbar sind Investitionszuschüsse über die 2. Säule der GAP für notwendige bauliche Veränderungen. Die Investitionsförderung für Stallbauten könnte dahingehend modifiziert werden, dass für größere Stallbauten die Nutzung des Wirtschaftsdüngers in Biogasanlagen Fördervoraussetzung wird. In dem laut Entwurf im EEG 2016 vorgesehenen Ausschreibungsverfahren können Mindestgülleanteile als Teilnahmevoraussetzung eingeführt werden.

De Witte et al. (2011) schätzen, dass auf einzelbetrieblicher Ebene das zu erschließende Güllepotenzial gering ist, da weniger als 10 % der Schweine und Rinder in Beständen stehen, die groß genug sind, um eine 100 kW-Anlage mit 95 % Gülle zu versorgen. Werden hingegen Gülleanlagen als Gemeinschaftsanlagen auf Gemeindeebene betrieben, wird das Güllepotenzial wesentlich besser erschlossen. In Gemeindeanlagen mit 150 kW und einem Gülleanteil von 95 % könnten 60 % der Schweinegülle bzw. 80 % der Rindergülle erschlossen werden.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Durch die Substitution von Anbaubiomasse durch Gülle werden indirekte Landnutzungsänderungen verringert. Allerdings ist davon auszugehen, dass mit zunehmendem Wirtschaftsdüngeranteil im Anlagenbestand die Stromproduktion aus Biomasse insgesamt sinkt.

Abbildung in der THG-Berichterstattung: Die Methanemissionen aus der Gärrestlagerung werden in der THG-Berichterstattung in der Quellgruppe 3.J erfasst. Wenn die Strom- und Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern ersetzt wird, wird die Strom- und Wärmenutzung indirekt erfasst.

Bewertung: Die CO₂-Vermeidungskosten sind bei güllebasierten Biogasanlagen in der Regel deutlich geringer als bei Biogasanlagen, die auf Energiepflanzen basieren. Ein verstärkter Einsatz von Wirtschaftsdünger ist daher zu empfehlen. Bei Bestandsanlagen ist zu prüfen, ob bzw. zu welchen Konditionen dies möglich ist.

5.2.6.2 Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. KUP)

Bezeichnung der Maßnahme: Produktion von Lignocellulose durch Kurzumtriebsplantagen (KUP) und ggf. Chinaschilf (*Miscanthus ssp.*) auf landwirtschaftlichen Flächen

Beschreibung der Maßnahme: KUP/*Miscanthus* können aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung auch als Lignozellulose-Kulturen¹²⁸ bezeichnet werden. Auch wenn die energetische Substitution (in Form von Festbrennstoffen) derzeit die mengenmäßig wichtigste Verwendungsform der Erzeugnisse von KUP/*Miscanthus* ist, können diese Kulturen auch als Rohstoffe für die Synthese biobasierter Materialien (Kunststoffersatz, Papier, Verpackungsmaterialien, Harze etc.) verwendet werden (Zamani 2015). Allerdings kann dieses Potenzial für die absehbare Zukunft nicht abgeschätzt werden. Obwohl die Beiräte die Weiterführung der entsprechenden Forschung und Entwicklung von Produktlinien ausdrücklich empfehlen, kann aufgrund der begrenzten Datlage im Folgenden lediglich das energetische Substitutionspotenzial betrachtet werden.

Erneuerbare Festbrennstoffe substituieren fossile Energieträger bei der Strom- oder Wärmeproduktion und können so zur Reduzierung von THG-Emissionen beitragen. Sie können zudem temporär zur Speicherung von Kohlenstoff in der Biomasse und im Boden¹²⁹ beitragen. Da für den Anbau von Festbrennstoffen nahezu kein Mineralstickstoff verwendet wird, reduzieren sie im Vergleich zum konventionellen Ackerbau die bei der Mineraldüngerproduktion und -anwendung auftretenden THG-Emissionen (Osterburg et al. 2013a).

Der weitaus größte Teil der erneuerbaren Festbrennstoffe stammt derzeit aus dem Forstsektor (energetisch genutztes Waldholz, Wald- und Industrierestholz) (Mühlenhoff et al. 2014). Die Nachfrage nach Festbrennstoffen stieg in den letzten Jahren stark an (Zimmermann und Schweinle 2015), und die Kapazitäten zur Nachlieferung aus dem Wald sind aufgrund ökologischer und technischer Aspekte beschränkt (Mühlenhoff et al. 2014).

Zur Gewinnung von Festbrennstoffen auf landwirtschaftlichen Flächen wurden 2014 in Deutschland knapp 11.000 ha genutzt (FNR 2015), davon entfallen rund drei Viertel auf KUP und ein Viertel auf *Miscanthus*. Bei KUP werden schnellwachsende Hölzer (v. a. Weiden- und Pappelklone) alle zwei bis sieben Jahre geerntet (Unseld et al. 2010). *Miscanthus* ist eine mehrjährige C4-

¹²⁸ Während generell alle Gefäßpflanzen einen gewissen Lignin- und damit einen Lignocelluloseanteil aufweisen, sind es vor allem die verholzten Pflanzen (Bäume, Sträucher), die einen großen Ligninanteil haben; 20 bis 30 % ihrer Trockenmasse bestehen aus Ligninen (Lee und Kuan 2015). Aber auch andere, meist mehrjährige Kulturen, können hohe Anteile an Lignin haben wie *Miscanthus* (Qin et al. 2012).

¹²⁹ Nach Don et al. (2012) ist von einer generellen Zunahme von Kohlenstoff im Boden nach der Etablierung von KUP oder *Miscanthus* auf Ackerflächen auszugehen und von einer jährlichen Abnahme, wenn die Kulturen auf Grünland angelegt werden.

Pflanze¹³⁰, die jährlich geerntet wird. Die gesamte Dauer von KUP und Miscanthuskulturen beträgt in der Regel 20 bis 30 Jahre. Die THG-Emissionen je erzeugter kWh liegen bei der Stromerzeugung auf Basis von KUP in der Größenordnung von 40 bis 70 g CO₂-Äq und damit deutlich unter dem Wert der Stromerzeugung durch eine Biogasanlage auf Basis von Silomais (160 bis 380 g CO₂-Äq) (s. Tab. 5.3), wobei die Werte je nach Qualität des Managements stark variieren können.

Tabelle 5.3: Vergleich der Stromproduktion je Hektar aus KUP-Hackschnitzeln und Biogas aus Silomais sowie der THG-Einsparungen gegenüber Strom aus fossilen Quellen

	Einheit	KUP-Holz	Silomais/Biogas	Strom, fossil
Biomasseertrag	t/ha·a	8-10 (Trockenmasse)	35-50 (Frischmasse)	
Stromproduktion	kWh _{el} /ha·a	11.249-14.061	11.500-16.000	
Energie Input-Output-Verhältnis	Input _{fossil} :Output _{erneuerbar}	1:9 – 1:13	1:2,1 - 1:2,6	
THG-Emissionen	g CO _{2-eq} /kWh _{el}	40-70	160-380	825
THG-Einsparungspotential	% gegenüber Strom aus fossilen Quellen	95-92	81-54	

Quelle: Zusammenstellung verschiedener Studien in Strohm et al. (2012: 17).

Maßnahmenszenario: Im Folgenden wird von einem Flächenpotenzial für Festbrennstoffe von 850.000 ha ausgegangen. Dies entspricht ca. 5 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland (und damit der Fläche, die für die Maßnahme „Aufforstung“ angenommen wird, s. Kap. 5.4.1). Obgleich andere Autoren wesentlich höhere Anbaupotenziale errechnen (siehe z. B. Aust et al. (2014) und Schorling et al. (2015) für die Berechnung des agronomischen Anbaupotenzials für KUP bzw. Miscanthus), deutet die langsame Zunahme der Anbauflächen für diese Kulturen in den letzten beiden Jahrzehnten auf ein eher geringes realistisches Potenzial hin (insbesondere für Miscanthus). Zusammen entspricht diese Fläche rund 35 % der Ackerfläche, auf der 2014 Energiepflanzen angebaut wurden (FNR 2015).

THG-Minderungspotenzial: Ohne Berücksichtigung von indirekten Landnutzungseffekten ergibt sich schätzungsweise ein Minderungspotenzial in der Größenordnung von 10 t CO₂-Äq/ha bis 18 t CO₂-Äq/ha/Jahr. Insgesamt beläuft sich das Minderungspotenzial bei den getroffenen Annah-

¹³⁰ Insbesondere Gräser werden zu den C4-Pflanzen gezählt, einschließlich Mais und Zuckerrohr. C4-Pflanzen sind durch ihren speziellen Stoffwechselweg bei der Photosynthese produktiver als viele heimische Kulturpflanzen, vor allem bei Wassermangel.

men¹³¹ auf rund 12 Mio. t CO₂-Äq/Jahr. Beim Vergleich des Minderungspotenzials mit anderen Studien ist die betrachtete Bioenergielinie ausschlaggebend. Der WBA (2007) errechnete in seinem Gutachten zur Bioenergie ein THG-Minderungspotenzial von knapp 10 t CO₂-Äq/ha pro Jahr beim Vergleich einer KUP-basierten Hackschnitzel-Heizung (400 kW_{el}) mit einer Gasheizung. Das Reduktionspotenzial bei Verwendung von Hackschnitzeln aus KUP in der Co-Verbrennung in einem Steinkohlekraftwerk¹³² ist aufgrund der höheren angenommenen Substitutionsleistung im Vergleich zu den Emissionen eines Kohlekraftwerkes nach WBA (2007) noch wesentlich höher (ca. 18 t CO₂-Äq/ha und Jahr).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Der THG-Minderungseffekt tritt dann nicht ein, wenn die Emissionen der substituierten fossilen Energieträger im ETS erfasst waren und die Zertifikatmenge nicht entsprechend reduziert wird.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Der Einfluss von KUP und Miscanthus auf ökosystemare Prozesse und die biologische Vielfalt ist abhängig vom Standort, der Anbauintensität, der Größe der Fläche und der vorausgehenden Flächennutzung (Haughton et al. 2009, Rowe et al. 2009). In Agrarlandschaften bilden KUP zusätzliche Gehölzhabitate und können so die Habitatvielfalt und Biodiversität erhöhen (Baum et al. 2012a, b). Im Vergleich zu Marktfrüchten gehen Osterburg et al. (2013a) von überwiegend positiven Umweltwirkungen aus. Gründe hierfür liegen im deutlich geringeren Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, im geringen Grad der Bodenbearbeitung (außer zur Pflanzung und Rekultivierung), in der Humusbildung und zusätzlichen Kohlenstoffspeicherung im Boden und im Erosionsschutz durch die Vegetation (vgl. auch Langeveld et al. 2012). Der höhere Wasserbedarf vermindert die Grundwasserneubildung gegenüber landwirtschaftlicher Nutzung und kann in Trockenperioden die Sickerwasserbildung zum Erliegen bringen. Während der Aufwuchsphase senken KUP die Nitratausträge gegenüber agrarischer Nutzung, Rekultivierungsmaßnahmen und Umtrieb können aber impulsartig Nitratausträge auslösen (Lamersdorf et al. 2008, Schmidt-Walter und Lamersdorf 2012).

Ob KUP sich positiv oder negativ auf das Landschaftsbild auswirken, hängt zu einem maßgeblichen Teil von den Eigenschaften des entsprechenden Landschaftsraumes ab (Hildebrandt 2010). In besonders strukturarmen, „ausgeräumten“ Landschaften können KUP und Miscanthus beispielsweise zusätzliche Struktur schaffen und den ästhetischen Wert der Landschaft erhöhen (Stroh et al. 2012).

Das Potenzial von KUP und Miscanthus zur Einkommensgenerierung hängt von den Opportunitätskosten der Flächen und den Erlösen und Kosten von KUP und Miscanthus ab. Sollte in Zukunft

¹³¹ Annahmen: 850.000 ha KUP/Miscanthus; Energiegehalt 133.000 bis 258.000 MJ/ha/Jahr; jährliches Reduktionspotenzial im Vergleich zu fossilen Energieträgern 4,3 bis 7,7 Mt CO₂-Äq/Jahr. Keine Berücksichtigung von iLUC.

¹³² Das Konzept der Co-Verbrennung beinhaltet, konventionelle Steinkohlekraftwerke so auszugestalten, dass eine Zufeuerung von Hackschnitzeln möglich wird. Diese biogenen Rohstoffe können dann partiell z. B. Steinkohle ersetzen.

die Verwendung von Lignocellulose in großem Maßstab wettbewerbsfähig werden, würden sich neue Einkommensmöglichkeiten ergeben.

Bei KUP/Miscanthus ist zum Stand der derzeitigen technischen Möglichkeiten in Deutschland in größerem Maßstab lediglich eine energetische Substitution möglich, wohingegen bei Waldnutzung höherwertige, nämlich zur Kaskadennutzung taugliche Produkte entstehen. Allerdings können KUP/Miscanthus kurzfristig klimawirksam werden, während eine forstwirtschaftliche Nutzung mit wesentlich längeren Zeitspannen verbunden ist. Auch für die materielle Nutzung von KUP/Miscanthus (bzw. Kaskadennutzung) bestehen Potenziale. Derzeitig besteht hier noch erheblicher Forschungsbedarf.

Vermeidungskosten in € pro t CO₂-Äq: Nach Osterburg et al. (2013a: 97) liegen die CO₂-Vermeidungskosten auf betrieblicher Ebene für KUP bei Wärme- und bei kombinierter Strom-Wärme-Erzeugung im negativen bis niedrigen positiven Bereich (-25 €/t CO₂ bis 75 €/t CO₂). Als Gründe für die bisher sehr geringe Anbaufläche in Deutschland gelten geringe Expertise beim Anbau, fehlender Zugang zu Pflanzgut und Erntetechnik, Grünlandumbruchverbot, keine langfristigen Pachtverträge, geringe Flexibilität in der Anbaustrategie, hohe Investitionskosten und oftmals fehlende Vermarktungsstrukturen und Abnehmer sowie geringe Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Marktfrüchten (Neubert et al. 2012, Strohm et al. 2012, Seidl et al. 2015). In Modellrechnungen von Strohm et al. (2012) waren KUP in rund einem Viertel der Betriebe rentabel, bei einer Förderung in Höhe von 220 €/ha und Jahr in rund der Hälfte der Betriebe. Allerdings hängt die Rentabilität sehr stark von den Marktpreisen der Ackerfrüchte ab. Eine Förderung von 220 €/ha entspricht bei einer THG-Minderung von ca. 10 t/ha/Jahr ca. 20 €/t CO₂-Äq.

Politische Umsetzbarkeit, Förderung, Administrierbarkeit: Die letzte Novelle des Bundeswaldgesetzes im Jahre 2010 schloss KUP mit einer Umtriebszeit von bis zu 20 Jahren aus der Walddefinition aus (§ 2, BWaldG) und liefert so neue gesetzliche Rahmenbedingungen zum Anbau von KUP auf landwirtschaftlichen Flächen. Im Rahmen der GAP werden KUP derzeit in mehrfacher Hinsicht gefördert. So gelten KUP, als „Niederwald im Kurzumtrieb“ bezeichnet, als landwirtschaftliche Kulturen, für die seit 2010 Direktzahlungen aktiviert werden können. Dies gilt auch für Miscanthus. KUP mit bestimmten Baumarten können als ökologische Vorrangflächen mit einem Gewichtungsfaktor von 0,3 angerechnet werden. Über die 2. Säule der GAP und über die GAK kann die Anlage von KUP mit einer einmaligen Zahlung gefördert werden. Für Miscanthus wäre dies grundsätzlich ebenfalls möglich. Die Stromerzeugung aus Biomasse aus KUP und Miscanthus wird über das EEG gefördert. Weitere mögliche Politikmaßnahmen liegen nach Osterburg et al. (2013a) in der Förderung von KUP-/Miscanthus-Netzwerken und in der Förderung relevanter Forschung. Regelungen zum Grünlanderhalt mindern das Anbaupotenzial für KUP-/Miscanthusflächen.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Flächen, die für KUP und Miscanthus genutzt werden, stehen nicht für die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln zur Verfügung und erzeugen daher indirekte Landnutzungseffekte (iLUC, s. Kap. 2.1.2). Verdrängen sie dagegen

andere Bioenergielinien, so ist dies wegen der höheren CO₂-Minderung pro Hektar positiv zu sehen. „Auf ackerbaulich weniger günstigen Standorten ist eine Konkurrenz mit Aufforstungen gegeben“ (Osterburg et al. 2013a: 97).

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Substituieren KUP und Miscanthus fossile Energieträger, führt dies zu einer Reduzierung der in der Quellgruppe 1 „Energie“ erfassten THG-Emissionen. Die C-Festlegungen von KUP können in der THG-Berichterstattung berücksichtigt werden, wenn belastbare Daten (Flächenumfänge, C-Speicherung) vorliegen.

Bewertung: Festbrennstoffe auf landwirtschaftlichen Flächen besitzen theoretisch ein großes Minderungspotenzial und weisen relativ geringe Vermeidungskosten auf. Ihr bisheriger Flächenumfang ist allerdings vernachlässigbar gering. Gründe liegen u. a. an den unregelmäßigen Zahlungsströmen mit hohen Anfangsinvestitionen, der langfristigen Nutzungsfestlegung sowie mangelnder Anbauerfahrung. In Zukunft sollten die materiellen Verwendungsmöglichkeiten von Lignozellulosekulturen weiter erforscht werden.

5.2.7 Emissionsreduzierungen bei der Erzeugung tierischer Produkte

Im Folgenden werden grundsätzliche Reduzierungspotenziale für bedeutende tierische Emissionen (N- und CH₄) dargestellt und diskutiert, die den Kategorien Produktionseffizienz unter dem Aspekt von Fütterungs- und Gesundheitsmanagement, Zucht sowie dem Management anfallender Wirtschaftsdünger zugeordnet werden können. Die Darstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Einige Reduktionspotenziale können unmittelbar umgesetzt werden, während andere (z. B. züchterische Maßnahmen) erst nach längerer Vorlaufzeit wirksam werden können.

Bei der grundlegenden Abwägung, in welchen Bereichen THG-Emissionen besonders effizient reduziert werden können, ist zu berücksichtigen, dass Maßnahmen vergleichbarer Eingriffstiefe im Bereich der tierischen Erzeugung ein deutlich niedrigeres Reduktionspotenzial als in der pflanzlichen Erzeugung aufweisen (Bleken et al. 2005). Gleichzeitig können Maßnahmen in der tierischen Erzeugung häufig über den Futtermiteinsatz und die Wirtschaftsdüngerverwertung gegenläufige Effekte auf die pflanzliche Erzeugung haben (Bleken et al. 2005). Darüber hinaus sind die Effekte einiger Maßnahmen wegen möglicher negativer Tiergesundheitseffekte mit potenziellen Auswirkungen auf die Lebensleistung der Tiere schwer abzuschätzen. Auch sind mögliche Zielkonflikte mit dem Tierschutz zu berücksichtigen.

Bezüglich der Nährstoffeffizienz ist die große Variation der betrieblichen Produktionsbedingungen und auch der erzielten Nährstoffeffizienz als Ergebnis der komplexen Interaktionen zwischen den betrieblichen Stellgrößen zu berücksichtigen. Deshalb verspricht eine betriebsindividuelle Optimierung unter Berücksichtigung aller relevanten Stellgrößen eine größere Wirkung als die Durchführung von standardisierten Maßnahmen über alle Betriebe hinweg. So zeigen Machmüller und Sundrum (2015) anhand von Daten aus 16 Milchviehbetrieben große Spannbreiten in der

N-Bilanzierung auf Betriebsebene, die auf betriebsindividuell unterschiedliche Salden in den von ihnen betrachteten Sub-Systemen (Erntegut/Futterlager, Tierbestand, Düngerlager, Nutzflächen) zurückzuführen sind. Für die einzelnen Betriebe können somit sehr unterschiedliche Maßnahmen zielführend sein.

Prinzipiell ist aufgrund der insgesamt deutlich geringeren N-Effizienz der tierischen gegenüber der pflanzlichen Erzeugung eine Verminderung der tierischen Produktion eine besonders effiziente Maßnahme zur Reduzierung der THG-Emissionen.

5.2.7.1 Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Emissionen

Ein Fütterungsmanagement mit einer bedarfsgerechten Nährstoffversorgung des Einzeltieres in Abhängigkeit von Tierart, Rasse, Leistungshöhe und physiologischem Zustand erhöht die Nährstoffeffizienz in Bezug auf das erzeugte Produkt. Gleichzeitig fördert es die Tiergesundheit mit zu erwartenden gleichfalls positiven Effekten auf die Lebensleistung. Daneben können verschiedene Futtermittel die Produktion einzelner Emissionskomponenten direkt senken.

5.2.7.1.1 Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Stickstoffemission¹³³

Bezeichnung der Maßnahme: An den tatsächlichen Bedarf angepasste Stickstoffversorgung (z. B. durch Mehrphasenfütterung), Optimierung der Aminosäurezusammensetzung der Futtermittel und Verwendung von Futtermitteln, deren Produktion mit geringeren Emissionen verbunden ist

Beschreibung der Maßnahme: Durch bedarfsangepasste Fütterung, z. B. durch Fütterung nach Leistungsklassen, Berücksichtigung von Futtermittelanalysen und entsprechende leistungsgerechte Rationsgestaltung sowie ggf. den Einsatz synthetischer Aminosäuren (Schweine- und Geflügelhaltung) können reduzierte N-Ausscheidungen erreicht werden. Dies muss nicht zu einer Reduzierung der Tierleistungen führen (z. B. McAuliffe et al. 2016). Durch diese Maßnahmen kann zum einen die Produktion N-haltiger Futtermittel reduziert werden, zum anderen werden die Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung und die N-Mengen im Wirtschaftsdünger verringert. Auch sinken direkte und indirekte N₂O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement und der Düngung (Osterburg und Runge 2007). Auch der Einsatz bestimmter Futtermittel, wie Speiseabfälle oder andere Neben- oder Abfallprodukte, in der Monogastrierfütterung, wie er EU-rechtlich derzeit nicht zulässig ist, kann durch die Einsparung von Flächenansprüchen (Ermgassen et al. 2016), zu reduzierten THG-Emissionen beitragen.

¹³³ Siehe Osterburg et al. (2013a: 76 f.).

Maßnahmenszenario: Generell liegen über die Anwendung und die Effekte von N-reduzierten Fütterungsverfahren nur wenige Informationen vor. Eine statistische Erhebung zur Schweinefütterung ergab erhöhte Rohproteingehalte in der Fütterung, v. a. in kleinen Bestandgrößen, in denen oft die technischen Voraussetzungen für eine Optimierung der Fütterung fehlen (Statistisches Bundesamt 2011). Eine Rolle können auch der Einsatz hofeigener Futtermischungen und unzureichende Futteranalyseergebnisse spielen. In der Geflügelhaltung (Mast- und Eierzeugung) dürfte das Optimierungspotenzial weitgehend ausgeschöpft sein. Bei Milchkühen hat eine leistungsgerechte Fütterung erhebliche Effekte auf die N-Effizienz (Machmüller und Sundrum 2015). Nach Bracher (2011) steigen bei Milchharnstoffwerten über 30 mg/dl die Harn-N-Ausscheidungen und damit auch die Ammoniakverluste überproportional an. Eine Optimierung ist in anderen Rinderhaltungsformen (Mastrinderhaltung, Färsenaufzucht) nur begrenzt umsetzbar.

Als Szenario wird angenommen, dass durch die Optimierung der N-Fütterung bei Milchkühen und Mastschweinen in Deutschland eine Reduzierung von 5 % erreicht werden kann.

THG-Minderungspotenzial: In der Literatur werden Minderungspotenziale von über 10 % der N-Ausscheidungen (Milchkühe) bis zu über 15 % (Mastschweine) angegeben (Flessa et al. 2012). Nach dem Szenario ergibt sich eine Minderung der THG-Emissionen von ca. 0,3 Mio. t CO₂-Äq. Weitere Einsparungen ergeben sich ggf. durch die Einsparung von Eiweißfuttermitteln. Der Einsatz von bezüglich der Aminosäurezusammensetzung höherwertigen Komponenten (Sojaschrot, synthetische Aminosäuren) kann die Minderungswirkung dagegen deutlich schmälern (z. B. McAuliffe et al. 2016).

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die Maßnahme erlaubt es, N-Überschüsse und NH₃-Emissionen zu vermindern. Dies hat zahlreiche positive Umwelteffekte, darunter auf den Gewässerschutz und die Biodiversität.

Vermeidungskosten in € pro t CO₂-Äq: Der Einsatz N-optimierter Futtermittel muss nicht zwangsläufig zu höheren Kosten führen. Döhler et al. (2011) sowie Machmüller und Sundrum (2015) gehen sogar von Kosteneinsparungen aus. Allerdings steigen die Managementanforderungen und die benötigten Investitionen in die Stallausstattung, um Leistungsgruppen bilden zu können und eine spezifische Zuteilung von optimierten Futtermischungen zu ermöglichen. Diese Kosten können nicht pauschal quantifiziert werden, da sie von der Ausgangssituation abhängen.

Mögliche Politikmaßnahmen: „Fütterungsberatung, Überprüfung der Anforderungen für Mischfutter (Deklarationspflichten, Obergrenzen für die Überschreitung der angegebenen Rohproteingehalte), Verbesserung der Datengrundlagen zum betrieblichen Fütterungsmanagement, Pilotprojekte zur Auswertung privatwirtschaftlicher Datenbestände zur Fütterung (Erzeugerringe, Fütterungsberatung, Auswertung von Stallbilanzen) und zu Milchharnstoffgehalten (Milchleistungsprüfung, Molkereien) sowie Forschung zur N-optimierten Fütterung von Milchkühen und anderen Wiederkäuern sowie Monogastriern“ (Osterburg et al. 2013a: 77), Überprüfung der rechtlichen Vorgaben zum Einsatz von Neben- oder Abfallprodukten in der Monogastrierfütterung.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Verdrängungseffekte entstehen nicht, da Futtermittel eingespart und die Tierleistungen sowie die Tiergesundheit aufrechterhalten oder unter Umständen sogar gesteigert werden. Eine Ausnahme sind synthetische Aminosäuren, deren Produktion zu erhöhten Emissionen der chemischen Industrie führt.

Abbildung in der THG-Berichterstattung: Die Minderung kann nur durch eine bessere statistische Erfassung der Fütterungspraktiken berücksichtigt werden. Dabei kann auf die Erfahrungen mit der Erhebung zur Fütterung der Mastschweine im Jahr 2011 aufgebaut werden. Ein Ansatzpunkt zur Abschätzung der N-Ausscheidungen durch Milchkühe stellen Daten zum Milchharnstoffgehalt dar (Reijs 2007). Der Privatwirtschaft liegen dazu Daten aus der Milcherfassung und aus Milchleistungsprüfungen vor, die aber bisher nicht systematisch ausgewertet wurden.

Bewertung: „Die Maßnahme trägt zur Effizienzsteigerung in der Tierproduktion bei und wird bereits in vielen Betrieben auch ohne staatliche Förderung umgesetzt. Nachteilig ist, dass die Fütterung nur schwer systematisch zu erfassen ist, da viele Varianten mit graduellen Änderungen von Futterkomponenten berücksichtigt werden müssen, die Futterqualitäten besonders in der Rinderernährung nicht vollständig bekannt sind (u. a. auch stark schwankende Grundfutterqualitäten) und die Wirkung wesentlich vom täglichen Management in den Tierhaltungsbetrieben (z. B. Futterlagerung, -entnahme, -vorlage) abhängt. Die eingeschränkte Kontrollierbarkeit begrenzt die Umsetzbarkeit über politische Maßnahmen. Zu empfehlen ist eine Verstärkung der praxisnahen Forschung und der Beratung“ (Osterburg et al. 2013a: 77). Dabei sollte die Bewertung der Fütterungseffizienz in einen betrieblichen systemischen Ansatz eingebunden werden.

5.2.7.1.2 Fütterungsmaßnahmen zur Reduktion der Methanemission¹³⁴

Bezeichnung der Maßnahme: Futterzusatzstoffe sowie Fütterungsmaßnahmen zur Leistungssteigerung, die zur Verringerung der Methanemissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer beitragen, insbesondere in der Rindermast und Milchproduktion

Beschreibung der Maßnahme: Wiederkäuer nutzen Mikroorganismen, um Kohlenhydrate aus der Nahrung für die Energie- und Nährstoffversorgung aufzuschließen. Durch den anaeroben Fermentationsprozess im Pansen entsteht Methan (CH₄). Nach Schätzungen verlieren die Wiederkäuer dadurch zwischen 2 und 12 % der Energie, die sie über das Futter aufnehmen (Johnson und Johnson 1995, Eckard et al. 2010). Kraftfutterreiche (zellwandarme und stärkereiche) Rationen können bei Milchkühen die Methanproduktion rechnerisch um bis zu 15 % reduzieren, belasten aber den Stoffwechsel der Wiederkäuer und erhöhen damit das Risiko für Stoffwechselerkrankungen. Zudem sind sie unter dem Aspekt der Konkurrenz zur menschlichen Ernährung und

¹³⁴ Siehe Osterburg et al. (2013a: 80 f.).

entsprechenden Landnutzungseffekten kritisch zu sehen (Röös et al. 2016). Bestimmte Futterzusatzstoffe können dazu beitragen, den Methanbildungsprozess einzuschränken. Vorliegende Studien beschäftigen sich mit organischen Säuren und sekundären Pflanzeninhaltsstoffen sowie mit nicht in der EU als Futterzusatz zugelassenen Stoffen (Halogenderivate, Ionophoren). Auch durch einen Einsatz von Fett kann die Methanproduktion reduziert werden. So reduzierte der Einsatz vollfetter Sonnenblumensamen bei Milchkühen die absolute Methanproduktion um 17 %. In Versuchen mit Schafen wirkte sich eine gestaffelte Zulage von Sonnenblumensamen (2 bis 6 % Fettzulage) linear senkend auf die Methanbildung aus (Leberl et al. 2004). Auch durch den Einsatz von bypass-Kohlenhydraten und -Protein kann die Methanproduktion nach Untersuchungen von Leberl et al. (2004) reduziert werden. Der Einsatz Wasserstoff-bindender Substanzen wie Fumar- oder Acrylsäure mit Energielieferung für Wiederkäuer sowie der Einsatz von Pflanzeninhaltsstoffen wie Tanninen oder Saponinen bzw. von Futterpflanzen mit erhöhtem Gehalt an diesen Substanzen und weiterer Zusatzstoffe wie Hefen sind Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen, zeigen aber keine gesicherten Wirkungen auf die Methanemissionen (Hristov et al. 2014).

Bezüglich der Effekte einer Erhöhung der Tierleistung, insbesondere bei Milchkühen, gibt es unterschiedliche Einschätzungen. Die Ergebnisse hängen von den jeweiligen Produktionsbedingungen, dem Leistungsniveau sowie den betrachteten Systemgrenzen ab. Einerseits wird argumentiert, dass produktbezogene THG-Emissionen durch höhere Tierleistungen reduziert werden. Andererseits sind Leistungssteigerungen in der Regel mit geänderten, stärker kraftfutterbetonten Rationen verbunden sowie ggf. mit negativen Effekten auf Tiergesundheit und Nutzungsdauer. Darüber hinaus ist die mit der Milcherzeugung verbundene Fleischerzeugung zu berücksichtigen (z. B. Flysjö et al. 2012, Zehetmeier et al. 2012, de Vries et al. 2015a), die bei niedrigeren Leistungen je Einheit Milch steigt und in der Milchviehhaltung mit geringeren produktbezogenen Treibhausgasemissionen einhergeht als in der spezialisierten Rindfleischerzeugung (de Vries et al. 2015b). In der Folge kommen einige Untersuchungen zu dem Schluss, dass erhöhte Leistungen in der Milchviehhaltung – trotz der die zusätzliche Methanproduktion senkenden Wirkung der stärkeren Kraftfutterfütterung – unter den beschriebenen Bedingungen zu insgesamt höheren THG-Emissionen je Produkteinheit führen können (z. B. O'Brien et al. 2012, Zehetmeier et al. 2012).

Soweit Leistungssteigerungen durch ein verbessertes Futter- und Tiergesundheitsmanagement erzielt werden, sind dagegen positive Effekte zu erwarten. Dabei beeinflusst die Qualität der eingesetzten Futtermittel die Leistungshöhe und damit die Emission pro Produkteinheit erheblich.

Maßnahmenszenario: Futterzusatzstoffe können dazu beitragen, den Methanbildungsprozess einzuschränken. Als wirksame Zusatzstoffe wurden u. a. Fette sowie bypass-Kohlenhydrate und -Proteine untersucht. Möglichkeiten der gesteigerten Nutzung kraftfutterreicher Rationen oder von Futterfetten, Fettsäuren bzw. Ölsaaten sind allerdings begrenzt und zudem wegen unerwünschter Nebeneffekte nicht zu empfehlen. Potenzial weist v. a. eine verbesserte Nährstoffverwertung durch ein verbessertes Fütterungsmanagement auf (s. Kap. 5.2.7.1.1).

THG-Minderungspotenzial: Die Reduktionspotenziale im Bereich der Fütterung sind gering. In der Literatur werden in Abhängigkeit von der Ausgangslage Reduktionspotenziale über Futterzusatzstoffe von 2,5 bis 15 % bei Milchkühen genannt. Die bisher gefundenen Möglichkeiten, mithilfe von Futterzusatzstoffen ohne Reduktion der tierischen Leistungen den Methanausstoß zu vermindern, sind gering (Knapp et al. 2014). Daher ergibt sich nach bisherigen Erkenntnissen für die Rinderhaltung in Deutschland in der Summe ein nur sehr geringes THG-Minderungspotenzial. Viele der Maßnahmen sind außerdem aus praktischen und ökonomischen Gründen auf die Milchviehhaltung beschränkt.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Eine kraftfutterreiche Rationsgestaltung verringert die Wertschöpfung des Grünlands und kann zur weiteren Umwandlung von Grünland in Ackerland führen. Die Minderung der Weidenutzung hat zahlreiche Implikationen für den Schutz von Gewässern, Biodiversität sowie andere Umweltziele (s. Kap. 5.2.2) und den Tierschutz.

Mögliche Politikmaßnahmen: Fütterungsberatung, Beratung im Bereich der Grundfuttermittelgewinnung und -lagerung, Verbesserung der Datengrundlagen zur Fütterung in landwirtschaftlichen Betrieben, Forschung zu Futterzusatzstoffen zur THG-Reduktion von Milchkühen und anderen Wiederkäuern.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Bei einem verbesserten Futter- und Tiergesundheitsmanagement bestehen grundsätzlich keine negativen Verdrängungseffekte. Die erhöhte Produktion von Kraftfutter und Futterzusatzstoffen ist dagegen mit erhöhtem Energieaufwand und höheren Treibhausgasemissionen verbunden, sodass, auch unter Berücksichtigung weiterer systemischer Effekte (z. B. Rindfleischherzeugung), pro Produkteinheit nicht sicher mit geringeren Treibhausgasemissionen gerechnet werden kann. Ferner ist zu berücksichtigen, dass einige der Maßnahmen aus Sicht der Tiergesundheit problematisch zu bewerten sind, mit ggf. negativen Auswirkungen auf die Nährstoffeffizienz aufgrund von krankheitsbedingten Produktionsminderungen oder verkürzten Nutzungsdauern.

Abbildung in der THG-Berichterstattung: Die Abbildung der Wirkungen von Futterzusatzstoffen ist von statistischen Erhebungen über deren regelmäßigen Einsatz abhängig.

Bewertung: „Eine Abschätzung des THG-Minderungspotenzials von Futterzusatzstoffen ist derzeit nur unzureichend möglich, da oftmals nur In-vitro- oder kurzzeitige In-vivo-Versuche durchgeführt wurden (Flachowsky und Lebzién 2009). Während z. B. einzelne in vivo Untersuchungen Reduktionspotenziale von 60 bis 100 % beschreiben, wurden unter Praxisbedingungen keine oder nur minimale CH₄-Reduktionen bestätigt (Knapp et al. 2014). Bei vielen möglichen Futterzusatzstoffen befinden sich die Maßnahmen gegenwärtig noch im Forschungsstadium. Bei verschiedenen Zusatzstoffen sind negative Wirkungen auf die Tiergesundheit, die Qualität der tierischen Produkte, die Futteraufnahme und Verdaulichkeit sowie Konsumenteneinwände bei einer eventuellen Einführung zu erwarten. Zu berücksichtigen ist ferner, dass einige Futtermittelzusatzstoffe in der EU nicht zugelassen sind“ (Osterburg et al. 2013a: 80).

Eine kraftfutterreiche Rationsgestaltung ist in der Milchviehhaltung aufgrund der Synergien mit der Leistungssteigerung bereits heute üblich, aber aufgrund der oben beschriebenen negativen Nebeneffekte nicht als zu propagierende Klimamaßnahme zu empfehlen.

Grundsätzlich problematisch ist, dass der Effekt der Fütterung nur unzureichend systematisch zu erfassen ist, da v. a. in der Wiederkäuerfütterung viele Varianten berücksichtigt werden müssen und die Futterqualitäten nicht vollständig bekannt sind (u. a. auch stark schwankende Grundfutterqualitäten). Weiterhin hängt die Wirkung vom täglichen Management ab. Diese Faktoren schränken die Umsetzbarkeit über politische Maßnahmen ein. Zu empfehlen ist in diesem Bereich eine Verstärkung der Beratung und praxisnahen Forschung.

5.2.7.2 Züchterische Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen

Bezeichnung der Maßnahme: Verbesserung der Produktivität (Futtermaufnahme, Futter- bzw. Nährstoffverwertung, Leistung, Gesundheit, Nutzungsdauer), Reduktion der individuellen THG-Produktion durch züchterische Maßnahmen

Beschreibung der Maßnahme: Insbesondere bei Milchkühen können produktbezogene THG-Emissionen reduziert werden, indem die Lebensleistung der Tiere erhöht wird. Durch eine gesteigerte Ressourceneffizienz werden die Emissionen reduziert, die dem Erhaltungsbedarf der Tiere und der „unproduktiven“ Aufzuchtphase anzurechnen sind (Clark 2013). Auch werden weniger Tiere zur Produktion der gleichen Produktmenge benötigt. Neben der individuellen Leistung wird dabei die gleichfalls bedeutsame Remontierungs- oder Abgangsrate berücksichtigt (Ryan et al. 2011) und dadurch das potenzielle Risiko einer leistungsbedingt verschlechterten Tiergesundheit und verkürzten Nutzungsdauer einbezogen. Bei den züchterischen Maßnahmen ist zu differenzieren zwischen einer anzustrebenden Erhöhung der Leistung von Rassen oder Linien, die auf einzelne Produkte (Milch oder Eier bzw. Fleisch) spezialisiert sind und der Verbesserung der Leistung von Doppelnutzungstieren. Bei Rindern wurden bezüglich der Gesamt-THG-Emissionen auch Vorteile von Zweinutzungsrindern nachgewiesen (z. B. Zehetmeier et al. 2012).

Von verschiedenen Autoren wird in der Erhöhung der Lebensproduktivität der Tiere der erfolgversprechendste sowie ökonomisch effizienteste Weg der Methanreduktion gesehen (EPA 2005). Gleiches kann für Stickstoff unterstellt werden. Allerdings zeigen z. B. Bleken et al. (2005), dass unter Praxisbedingungen einseitige Leistungssteigerungen im Gegenteil zu einer verschlechterten N-Effizienz führen können. Die kraftfutterreiche Fütterung in Kombination mit einer geringeren Fleischproduktion der Einnutzungsrassen kann insgesamt zu höheren THG-Emissionen führen.

Auch bei Schwein und Geflügel sind umfangreiche Zielkonflikte zwischen züchterisch bedingten Leistungssteigerungen (verbesserte Futtermverwertung, höherer Magerfleisch- oder Brustmuskelanteil, höhere tägliche Zunahmen, höhere Nachkommenzahlen oder Legeleistung) und dem Erhalt der Tiergesundheit und des Wohlbefindens der Tiere zu berücksichtigen (s. WBA 2015).

Eine stärkere züchterische Selektion auf funktionale Merkmale aus dem Komplex der Tiergesundheit ist für alle Tierarten ein erfolversprechender Ansatz, der allerdings die Steigerung des individuellen Leistungspotenzials begrenzt. Vor allem die Nutzung moderner Methoden der genomischen Selektion bietet sich hier an. Durch Studien zum Methanausstoß von Rindern wurden z. T. deutliche Unterschiede zwischen Individuen desselben Tierbestands identifiziert, ohne dass diese durch Einzeltierleistungen oder Fütterung erklärt werden konnten (Ross et al. 2013). Durch Tierzüchtung könnten Nachkommen mit geringeren Methanemissionen selektiert werden (Swalve 2010).

Maßnahmenszenario: Durch züchterische Maßnahmen kann die N-Effizienz über die Steigerung der Lebensleistung gesteigert sowie die Methanbildung beim Rind eingeschränkt werden.

THG-Minderungspotenzial: Bei allen Tierarten bestehen Reserven bei der Verbesserung der Tiergesundheit, die durch züchterische Maßnahmen unterstützt werden können. Bei der Milchkuh kann zusammengefasst eine erhöhte Nutzungsdauer angestrebt werden. Bei Wiederkäuern kann außerdem auf verminderte Methanproduktion selektiert werden. In der Literatur werden bei Milchkuhen für CH₄ durch die Kombination genetischer Maßnahmen sowie Managementmaßnahmen (einschließlich Fruchtbarkeits- und Gesundheitsmanagement) Reduktionspotenziale von 15 bis 30 % u. a. durch eine verbesserte Nährstoffverwertung sowie eine verlängerte Nutzungsdauer auf Einzeltier- und Herdenbasis postuliert (Knapp et al. 2014). Die Reduktionspotenziale sind allerdings schwer abschätzbar und aufgrund der Dauer züchterischer Maßnahmen nur sehr langfristig sichtbar.

Die züchterischen Maßnahmen der vergangenen Jahrzehnte haben im Bereich der Produktivitätssteigerung eine hohe Effizienz bewiesen. Da für die gleiche erzeugte Produktemenge weniger Tiere erforderlich sind und sich die Nährstoffverwertung verbessert hat, sind erhebliche Emissionseinsparungen die Folge. Dabei sind nach wie vor erhebliche Variationen in den Leistungsmerkmalen vorhanden, sodass Selektionsmaßnahmen auch weiterhin wirksam umsetzbar scheinen.

Für den Bereich der Zucht auf reduzierte CH₄-Ausscheidungen ist zu bedenken, dass die bisher eingesetzten Messmethoden relativ geringe Wiederholbarkeiten zeigen, was züchterische Maßnahmen stark einschränkt. Zudem liegen bisher keine Schätzungen der genetischen Korrelationen zu anderen bedeutenden Merkmalen vor, woraus sich eine erhebliche Unsicherheit der züchterischen Potenziale ergibt. Die Nutzung der genomischen Selektion kann evtl. den Zuchtfortschritt erhöhen. In jedem Fall ist mit langen Entwicklungszeiten zu rechnen.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die potenzielle Verlagerung des Futterbaus für Wiederkäuer vom Grünland auf Ackerflächen kann zu weiteren Anreizen für eine Grünlandumwandlung in Ackerland führen. Die Minderung der Weidenutzung hat zahlreiche Implikationen für den Schutz von Gewässern, Biodiversität, andere Umweltziele (s. Kap. 5.2.2) und den Tierschutz.

Mögliche Politikmaßnahmen: Beratung im Bereich der Zucht auf Betriebsebene, Verbesserung der Datengrundlagen zum betrieblichen Gesundheitsmanagement, Pilotprojekte zur Auswertung privatwirtschaftlicher Datenbestände zur Tiergesundheit, Forschung zu züchterischen Möglichkeiten der THG-Reduktion von Milchkühen und anderen Wiederkäuern

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Bei Wiederkäuern wird im Fall eines erhöhten Kraftfutterbedarfs Futterbau vom Grünland auf Ackerflächen verlagert, mit den entsprechenden Verdrängungseffekten. Ansonsten bestehen keine negativ zu bewertenden Verdrängungseffekte bei einer Zucht auf erhöhte Lebensleistung sowie reduzierte CH₄-Ausscheidungen, soweit im letzten Fall keine ungewollten (genetischen) Korrelationen, z. B. mit der Tiergesundheit, auftreten.

Leistungssteigerungen bei Rindern unter Berücksichtigung der Kraftfutter- und Fleischproduktion führen nicht in jedem Fall zu einer insgesamt verbesserten Nährstoffeffizienz. Zudem können bei allen Tierarten z. T. erhebliche Zielkonflikte mit dem Tierschutz bestehen.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Sehr schwer systematisch zu erfassen.

Bewertung: Wenn eine Erhöhung der Lebensleistung dazu führt, die tierische Produktion mit einem verringerten Tierbestand zu realisieren, sinken neben den produktbezogenen THG-Emissionen auch die betrieblichen bzw. sektoralen Gesamtemissionen. Auch wenn die Erhöhung der Tierleistung aufgrund des Wettbewerbs in Betrieben ohnehin angestrebt wird, liegt bei Tieren mit längerer Produktionsphase der Fokus noch nicht in ausreichendem Maß auf der Lebensleistung. Insbesondere bei Tieren mit produktionsbedingt kurzer Lebensspanne sind Zielkonflikte mit dem Tierschutz zu berücksichtigen. Die Reduktionspotenziale sind insgesamt zudem abhängig vom bereits erreichten Leistungsniveau sowie ganz wesentlich von Optimierung des Produktionssystems.

„Um die züchterische Selektion von Rindern mit verringertem Methanausstoß voranzutreiben, sollte die Grundlagenforschung gestärkt werden, um weitere Hinweise zu den tierindividuellen Unterschieden beim Methanausstoß zu erhalten. Zum anderen sind genombasierte Methoden zur Erkennung der erwünschten Merkmale zu entwickeln und zu testen, denn die Erkennung der Merkmale am Einzeltier ist für größere Stichproben aufgrund des hohen technischen Aufwands für die Methanmessung bisher nicht möglich (Swalve 2010). Auch hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf“ (Osterburg et al. 2013a: 80).

5.2.7.3 Sperma-Sexing zur gezielten Erzeugung männlicher Mastkälber¹³⁵

Bezeichnung der Maßnahme: Nutzung von gesextem Sperma zur gezielten Erzeugung von für die Mast geeigneten männlichen Kreuzungskälbern in der Milchviehhaltung und von für die Milchproduktion geeigneten weiblichen Kälbern

Beschreibung der Maßnahme: Die der Milch- bzw. Rindfleischproduktion zuzuschreibenden THG-Emissionen können durch eine Reduktion der Anzahl der für die Bestandsremontierung erzeugten weiblichen Kälber (ermöglicht durch Maßnahmen, die zur Verlängerung der Nutzungsdauer führen) und die Erhöhung der (männlichen) Kälberproduktion für die Mastnutzung reduziert werden. Solch ein Umbau des Rinderbestandes durch geschlechtsbezogene Kälberproduktion kann durch Sperma-Sexing ermöglicht werden, also eine gezielte Besamung der Milchkühe mit Y-chromosomalen Spermien fleischbetonter Vaterrassen.

Maßnahmenszenario: Der Einsatz von gesextem Sperma ermöglicht es, junge Mastrinder aus der Milchkuhhaltung bereitzustellen. In der Folge werden weniger Mutterkühe benötigt, bei Einschränkung der Mutterkuhhaltung sinken die damit verbundenen Methanemissionen. Letzteres gilt grundsätzlich bereits für den Einsatz von Sperma fleischbetonter Vaterrassen bei milchbetonten Milchviehrassen (Gebrauchskreuzung) zur Erzeugung mastfähiger Nachkommen.

THG-Minderungspotenzial: Die Minderungspotenziale ergeben sich theoretisch aus der besseren Wachstumsleistung der fleischbetonten Kreuzungskälber gegenüber den (männlichen) Reinzuchtieren der Milchrasen. Die Effekte sind bei Zweinutzungsrasen (z. B. Fleckvieh) bereits deutlich geringer als bei rein milchbetonten Rassen (z. B. HF-Kühen). Das reale Reduktionspotenzial ist v. a. dadurch stark eingeschränkt, dass gegenwärtig aufgrund der kurzen durchschnittlichen Nutzungsdauer der Kühe ein erheblicher Teil der weiblichen Kälber im Milchviehbereich zur Remontierung benötigt werden.

Seit einiger Zeit bereits steht gesextes Sperma für die Remontierung von Milchkühen auf dem Markt zur Verfügung (Frese 2009, LfULG 2011). Da jedoch bisher lediglich bei Zuchtfärsen befriedigende Befruchtungsergebnisse mit gesextem Sperma erreicht wurden (Fleege 2008), ist die Praxistauglichkeit dieser Maßnahme immer noch eingeschränkt.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Nicht genau kalkulierbar. Allerdings ist der Preis des Spermias sehr viel höher als des ungesexten Samens. Der Einsatz von gesextem Samen erfolgt aufgrund des relativ hohen Preises und verminderter Trächtigkeitsraten nur bei Tieren mit hohem genetischem Potenzial, guter Fruchtbarkeit nach genauer Brunstbeobachtung und in der Regel nur für die Erstbesamung.

¹³⁵ Siehe Osterburg et al. (2013a: 81 f.).

Mögliche Politikmaßnahmen: Forschung zur Effizienzsteigerung des Spermasexens sowie zu Möglichkeiten der Verlängerung der Nutzungsdauer von Kühen. Beratung in Bereichen, die zu Verbesserungen der Lebensleistung führen.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Wenn die Milchviehkälber in einem intensiveren System gemästet werden, könnte die energiereichere Fütterung zu einer Verlagerung des Futterbaus vom Grünland auf Ackerflächen führen.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Eine Reduktion der Mutterkuhhaltung könnte eine Reduktion der Nutzung extensiver Grünlandflächen bewirken, womit verschiedene negative Effekte auf andere Umweltziele verbunden wären.

Abbildung in der THG-Berichterstattung: Sehr schwer systematisch zu erfassen.

Bewertung: Der Umbau des Rinderbestandes mittels Sperma-Sexing ist derzeit noch keine Option für den Klimaschutz. Die hohen Kosten des Spermas schließen außerdem gegenwärtig eine Nutzung im genannten Bereich weitgehend aus, allerdings kann sich diese Einschätzung bei entsprechendem technischen Fortschritt und damit verbundenen Kostenreduktionen mittelfristig ändern.

5.2.7.4 Management und haltungstechnische Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen

Bezeichnung der Maßnahme: Management-, fütterungs- und haltungstechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Tiergesundheit, Erhöhung der Lebensleistung oder Futtermittelverwertung sowie Senkung der THG-Emissionen aus den Exkrementen (u. a. durch Abluftreinigung, Entmistungsverfahren, Wirtschaftsdüngerlagerung, Verwendung der Exkremente zur Biogaserzeugung)

Beschreibung der Maßnahme: Produktivitätssteigerungen können neben den dargestellten züchterischen Aktivitäten durch ein angemessenes Management sowie fütterungs- und haltungstechnische Maßnahmen erreicht werden. Die Maßnahmen schließen neben der oben bereits erwähnten Optimierung der Fütterung auch die Verminderung der Abgangsraten und Erkrankungen sowie Erhöhung der Fruchtbarkeit und Verminderung von Stress in allen Bereichen der Haltung ein.

Mittels Abluftreinigung können Stickstoffemissionen deutlich reduziert werden. Sie verringern den Ammoniakgehalt in der Abluft um mindestens 70 %. Ihr Einsatz erfordert eine Zwangsentlüftung des Stalls, da die Abluft gesammelt und durch die Reinigungsanlage geleitet werden muss. Sie kommen v. a. im Schweine- und Geflügelbereich infrage. Bereiche mit freier Lüftung, etwa Kisten-, Offenfrontställe oder Ausläufe, lassen sich nicht mit einer Abluftreinigung ausrüsten (Grimm 2005). Allerdings berichten z. B. Bockisch und Schrader (2003) von Entwicklungen, bei denen durch entsprechende Dachkonstruktionen auch ohne Seitenwände ein kontrollierter Ab-

luftvolumenstrom erreicht wird, sodass entsprechende Abluftbehandlungstechnik einsetzbar wäre. Bei ausreichend großem Interesse wären also technische Weiterentwicklungen möglich. In zwangsbelüfteten Ställen, die mit einem Auslauf ergänzt sind, fällt ein wesentlicher Anteil der N-Ausscheidungen im Außenbereich an, wodurch wiederum das Reduktionspotenzial vermindert ist.

Die anfallende Menge an N-Emissionen hängt nur eingeschränkt vom Aufstallungssystem ab; die Variationen innerhalb der Systeme sind erheblich. So werden z. B. für Festmistverfahren in der Mastschweinehaltung mittlere Ammoniakemissionen in zwangsgelüfteten Ställen zwischen 66 und 203 g/GVE/Tag angegeben. Die Werte bei Flüssigmistverfahren in zwangsgelüfteten Ställen liegen zwischen 40 und 355 g/GVE/Tag. Die Methanemissionen bei Flüssig- und Festmistverfahren liegen nach Angaben des KTBL (2006) zwischen 0,7 und 30 kg/Tierplatz/Jahr. Eine eindeutige Zuordnung von haltungstechnischen Aspekten zur Methanemission wird nicht festgestellt (KTBL 2006). Ähnlich große Variationen liegen innerhalb der Milchviehhaltungssysteme vor (Hartung 2001). Grundsätzliche Maßnahmen im Stall, wie die getrennte Ableitung von Harn und Kot, das Trockenhalten der Lauf- und Liegeflächen und eine möglichst kurze Verweilzeit der Exkreme im Stall, wirken unabhängig von den eingesetzten Haltungsverfahren emissionsmindernd.

Der Einsatz der Exkreme in der Biogaserzeugung ist eine wirksame Maßnahme zur Reduzierung der THG-Emissionen (z. B. Styles et al. 2015, McAuliffe et al. 2016).

Maßnahmenszenario: Durch Management, fütterungs- und haltungstechnische Maßnahmen können v. a. die N-Effizienz gesteigert und N-Emissionen reduziert werden. Die Nährstoffeffizienz kann v. a. über die Steigerung der Lebensleistung bzw. Futterverwertung erreicht werden. Eine Verwendung der Exkreme zur Biogaserzeugung trägt zur Reduktion der THG-Emissionen bei.

THG-Minderungspotenzial: Die verschiedenen management-, fütterungs- und haltungstechnischen Maßnahmen können teilweise sehr kurzfristig umgesetzt werden, um die N-Effizienz zu steigern sowie N-Emissionen und Methanbildung zu reduzieren. Inwieweit sie umgesetzt werden, hängt u. a. vom Investitionsbedarf der Maßnahmen ab. Abluftreiniger sind z. B. mit einem sehr hohen Investitionsbedarf verbunden. Deshalb sind v. a. aus ökonomischen Gründen die Potenziale noch nicht ausgeschöpft. Es besteht aber auch ein Zielkonflikt mit dem Tierschutz bezüglich der notwendigen Haltung in geschlossenen, zwangsgelüfteten Ställen. Zum Teilerhebliche Reserven bestehen bei der Verbesserung der Tiergesundheit und Nutzungsdauer. Wie bereits erwähnt (s. Kap. 5.2.7.1.2) werden in der Literatur bei Milchkühen für CH₄ durch die Kombination genetischer sowie Managementmaßnahmen (einschließlich Fruchtbarkeits- und Gesundheitsmanagement) Reduktionspotenziale von 15 bis 30 % bei Milchkühen, u. a. durch verbesserte Nährstoffverwertung sowie verlängerte Nutzungsdauer auf Einzeltier- und Herdenbasis postuliert (Knapp et al. 2014). Die Reduktionspotenziale sind insgesamt aber schwer abschätzbar. Die Verwertung von Exkrementen zur Biogaserzeugung kann einen wesentlichen Reduktionsbeitrag leisten.

Nach Shook (2006) konnte ca. die Hälfte der Leistungssteigerungen in den vergangenen Jahrzehnten durch verbesserte Managementmaßnahmen erreicht werden.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die Abluftreinigungsanlagen verringern nicht nur den Ammoniakgehalt in der Abluft, sondern auch Gerüche und den Gehalt an Bioaerosolen. Bei der Verwertung von Exkrementen zur Biogaserzeugung wird andere Anbaubiomasse substituiert und dadurch werden indirekte Landnutzungsänderungen verringert.

Die Verlängerung der Nutzungsdauer steht in positiver Wechselwirkung zum Tierwohl.

Mögliche Politikmaßnahmen: Beratung im Bereich des Managements sowie der Haltungsverfahren, Forschung zum Potenzial der THG-Reduktion, z. B. durch verbesserte Produktivität und Gesundheit, Förderung von emissionsarmen Haltungsverfahren (die z. B. eine Trennung von Harn und Kot befördern)

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Grundsätzlich bestehen keine negativ zu bewertenden Verdrängungseffekte. Bei der Abluftreinigung reichert sich der Stickstoff im Waschwasser an, das häufig in die Gülle überführt wird und dann zu erhöhten Ammoniakemissionen bei der Ausbringung führen kann. Bei Chemowäschern enthält das anfallende Waschwasser Ammoniumsulfat mit einem N-Gehalt von 4 bis 5 %. Es muss separat gelagert und speziell behandelt werden (BAFU und BLW 2011).

Abbildung in der Emissionsberichterstattung: Verfahren der Haltung und Wirtschaftsdüngerlagerung werden in groben Kategorien statistisch erfasst und in der Emissionsberichterstattung abgebildet. Daten über den Einsatz von Abluftfiltern und die Verwendung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen müssen über zusätzliche Befragungen und Schätzungen ergänzt werden (Haenel et al. 2016). Detailliertere Aspekte der Haltung und des Management sind dagegen nicht statistisch erfasst und können nicht abgebildet werden.

Bewertung: Eine verbesserte Tiergesundheit kann zu einer Erhöhung der Tierleistung führen, was potenziell die THG-Emissionen pro Produkt bzw. pro Betrieb bzw. die Gesamtemissionen des Sektors reduziert. Die Erhöhung der Lebensleistung bei längerfristig genutzten Tieren sollte und wird zudem von den Betrieben aus Überlegungen der Wettbewerbsfähigkeit ohnehin angestrebt werden. Im Sinne des Klimaschutzes ist die Lebensleistung als Bewertungsmaßstab heranzuziehen, und alle Inputs und erzeugten Leistungen sind zu berücksichtigen.

Inwieweit das Klimaschutzpotenzial aller genannten Maßnahmen ausgeschöpft werden kann, hängt stark davon ab, inwieweit das Produktionssystem auf Bestands- und Betriebsebene optimiert werden kann. Mögliche Zielkonflikte mit dem Tierschutz sind zu berücksichtigen (s. a. WBA 2015).

5.2.8 Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft¹³⁶

Bezeichnung der Maßnahme: Umstellung der landwirtschaftlichen Produktion von sogenannter konventioneller auf ökologische Landwirtschaft (bzw. Beibehaltung der ökologischen Produktionsweise) gemäß der EU-Ökoverordnung (EG-Öko-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 und folgende)

Beschreibung der Maßnahme: Der Verzicht auf den Einsatz von Mineraldünger im Ökolandbau führt dauerhaft zu THG-Einsparungen. Vor allem die den Vorleistungen zuzuschreibenden Emissionen können reduziert werden (Osterburg et al. 2013a). Die Förderung der C-Sequestrierung, ein höherer Anteil an Leguminosen in der Fruchtfolge, vergleichsweise niedrige Viehbesätze und der Grünlanderhalt (durch den Weidezwang) sind weitere Aspekte, die aus Sicht des Klimaschutzes grundsätzlich für den Ökolandbau sprechen. Die tatsächlichen Effekte müssen jedoch differenzierter betrachtet werden. Die in der Literatur dokumentierten Vor- und Nachteile des ökologischen Landbaus sind im Hinblick auf Umweltleistungen stets im Kontext der Standortbedingungen und der Betriebsstruktur zu diskutieren. Zwar sind die THG-Emissionen je Flächeneinheit in der Regel auch unabhängig von Standort und Betriebsspezialisierung im ökologischen Landbau niedriger. So liegt z. B. das THG-Minderungspotenzial des ökologischen Pflanzenbaus „gegenüber konventioneller Bewirtschaftung unter Einbeziehung der Vorketten zwischen 1 und 2 t/ha (Schmid et al. 2015, Nemecek et al. 2011, Küstermann et al. 2008)“ (Osterburg et al. 2013a: 83). Für die Klimawirkung sind aber die produktbezogenen Emissionen relevant. Die *Carbon Footprints* der Agrarrohstoffe, also die aggregierten THG-Emissionen je Tonne Weizen oder je Liter Milch, sind nur in ökologischen Anbausystemen mit hohem Anteil an Futterleguminosen und damit relativ geringen Abständen der Naturalerträge im Vergleich zu konventionellen Systemen eindeutig günstiger zu beurteilen. Umgekehrt schwindet dieser Unterschied bei viehlos wirtschaftenden Betrieben (Taube et al. 2005, 2006, Loges et al. 2006, Biernat 2016). Skinner et al. (2014) leiten aus ihrer Meta-Analyse von Anbauvergleichen auf Gunststandorten ab, dass ein Ertragsabfall des Ökolandbaus im Vergleich zu konventionellen Verfahren von mehr als 20 % zu höheren THG-Emissionen je Produkteinheit führt. Auch die produktbezogenen *Carbon Footprints* von ökologischen Produkten tierischer Herkunft variieren in Abhängigkeit von Systemgrenze, Futtergrundlage und Nutztier (Taube et al. 2014), sodass kein grundsätzlich systematischer Vorteil des ökologischen Landbaus im Hinblick auf den Klimaschutz formuliert werden kann. Wie differenziert und uneinheitlich die Ergebnisse der THG-Bilanzierungen ökologischer und konventioneller Produkte sind, zeigen auch Gomiero et al. (2008), Rahmann et al. (2008), Mondelaers et al. (2009), Grünberg et al. (2010), Lynch et al. (2011) und Venkat (2012).

Als Kritik an üblichen THG-Bilanzierungen wird häufig angeführt, dass sie die CO₂-Bindung durch den Humusaufbau im Boden nicht berücksichtigen würden, diese aber für die ökologische Be-

¹³⁶ Osterburg et al (2013a: 83ff).

wirtschaftung typisch ist und dass deshalb die Minderungspotenziale durch den Ökolandbau unterschätzt würden. Doch auch die Effekte des Ökolandbaus auf die Kohlenstoffsequestrierungsraten im Boden sind nicht eindeutig und werden vielmehr von der Fruchtfolge und dem Ausgangsniveau der Boden-C-Mengen (Skinner et al. 2014, Kirchmann et al. 2016) bzw. dem Ertragsniveau der Fruchtfolge und der Rückführung von Ernteresten beeinflusst (Biernat 2016). Eine bisher relativ wenig untersuchte Steuergröße für Treibhausgasemissionen aus dem Boden stellen systematische Bodenverdichtungen dar, die beim mineralischen Stickstoffdüngereinsatz zu deutlich erhöhten Lachgasemissionen führen können, während dies bei den Leguminosen basierten Systemen des Ökolandbaus nicht der Fall ist (Schmeer et al. 2014). Demgegenüber steht allerdings die sehr hohe Intensität der Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau. Untersuchungen von Höhne et al. (2013) in einem Netzwerk von Praxisbetrieben zeigten allerdings keine systematischen Unterschiede in der Bodenstruktur in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform.

Maßnahmenszenario: In Deutschland bewirtschaften derzeit 8,3 % der Betriebe 6,3 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus (AMI 2014). Der Anteil soll nach der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung auf 20 % steigen.

THG-Minderungspotenzial: Vor dem Hintergrund, dass das THG-Minderungspotenzial des ökologischen Landbaus stark von den standörtlichen und betrieblichen Faktoren und vom Management abhängt und vorliegende Studien kein einheitliches Bild bezüglich der Klimarelevanz des ökologischen Landbaus zeichnen, ist eine Hochrechnung des Minderungspotenzials bei einer Ausdehnung des Ökolandbaus von einem Flächenanteil von 6,3 auf 20 % nicht möglich bzw. nicht sinnvoll.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Vermiedene THG-Emissionen, z. B. aus dem Verzicht auf den Einsatz von Mineraldünger, wären dauerhaft vermieden. Auf der anderen Seite wäre eine mögliche höhere C-Sequestrierung durch Umstellung auf ökologische Landwirtschaft reversibel, z. B., wenn ein Betrieb wieder auf konventionellen Landbau rückumstellt.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Der ökologische Landbau hat vielfältige positive Umweltauswirkungen auf Biodiversität, Grünlanderhalt, Boden- und Grundwasserschutz sowie Tierschutz. Aufgrund der teilweise hohen Preisunterschiede zwischen ökologisch und konventionell erzeugten Produkten werden die Lebensmittelkosten durch einen vermehrten Konsum von Ökoprodukten steigen.

Vermeidungskosten: Der ökologische Landbau wird aufgrund seiner positiven Umwelteffekte staatlich gefördert. Zieht man die Prämien für die Ermittlung der Vermeidungskosten heran, so müssten diese auf die verschiedenen Förderziele wie Wasserschutz (lokales Umweltgut) und Biodiversität aufgeteilt werden. Nur ein kleiner Teil könnte auf gewisse Klimaeffekte bezogen werden. Darüber hinaus wären Gewinnunterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Landwirtschaft ggf. gegenzurechnen. Weitere Effekte wie eventuelle iLUC-Effekte durch den Ausbau einer klimaschädigenderen Produktion im In- und Ausland bei Ausdehnung der ökologischen

Landwirtschaft oder die Kosten aufgrund starker N-Überschüsse in konventionellen Anbausystemen können nicht quantifiziert werden. Demgegenüber steht, dass Verwaltungs- und Kontrollkosten für eine Ausdehnung ökologischer Landwirtschaft vergleichsweise gering sind, da es ein etabliertes Kontrollsystem gibt und alle Betriebe jährlich auf privatwirtschaftlicher Basis kontrolliert werden (Osterburg et al. 2013a).

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Der ökologische Landbau wird in Deutschland seit mehr als zwei Jahrzehnten staatlich gefördert. Im BMEL wird derzeit eine Zukunftsstrategie Ökologischer Landbau erarbeitet, die den ökologischen Landbau in Deutschland stärken und damit zu einer Ausweitung des ökologischen Landbaus beitragen soll. Nach Ansicht von Osterburg et al. (2013a: 85) sollten aus Klimaschutzgründen besonders die Systeme „gestützt werden, die durch Tierhaltung eine intensive innerbetriebliche Kreislaufwirtschaft sowie durch Futterbau und Grünlanderhalt eine C-Bindung im Boden und eine Minimierung von Futtermittelimporten gewährleisten“. Auch ein Eignungsflächenansatz (vgl. Taube 2016) wäre zu überlegen, um die erhöhten Klimaschutzleistungen tatsächlich zu gewährleisten. Durch das etablierte Kontrollsystem ist die Administrier- und Kontrollierbarkeit gegeben.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Unter den hiesigen klimatischen und standörtlichen Bedingungen kann im ökologischen Landbau von einem Ertragsniveau im Pflanzenbau ausgegangen werden, welches 30 bis 75 % der konventionellen Erträge entspricht (Osterburg et al. 2013, vgl. auch Offermann und Nieberg 2000). Geringe Abstände der Ertragsleistungen des Ökolandbaus werden vornehmlich im Futterbau (Klee gras) und auf Standorten mit limitierten Ertragspotenzialen registriert (Taube et al. 2006). Seufert et al. (2012) kommen in ihrer Meta-Analyse, die auf 62 Studien weltweit basiert, zum Ergebnis, dass die Erträge des ökologischen Landbaus im Durchschnitt um 25 % niedriger sind als im konventionellen Landbau. Der Tierbesatz ist in den Ökobetrieben meist deutlich niedriger als im konventionellen Landbau, so auch die tierischen Leistungen.

Bei vergleichbaren Betrieben beträgt die Milchleistung pro Tier in der Regel 70 bis 90 % der Leistung der Tiere konventioneller Betriebe (vgl. Offermann und Nieberg 2000). Wie groß die Unterschiede sind, hängt stark vom Betriebsmanagement ab. Entsprechend der vorliegenden Ertrags- und Leistungsvergleiche ist die Erzeugung ökologischer Produkte mit erhöhtem Flächenbedarf verbunden. Die Wirkung auf die Flächenverknappung kann nach Osterburg et al. (2013a: 84) gemildert werden, „wenn die Ausweitung des ökologischen Landbaus v. a. auf landwirtschaftlichen Flächen in Schutzgebieten mit Nutzungsaufgaben erfolgt.“ Taube et al. (2006) schlagen dazu am Beispiel Schleswig-Holsteins ein Vorrang- bzw. Eignungsflächenkonzept für die Förderung des ökologischen Landbaus vor, das sich aus den Komponenten Bodenfruchtbarkeit (Ackerzahl), Grünlandanteil und Tierbesatz je Flächeneinheit speist. Es zielt darauf ab, den Ökolandbau vornehmlich in solchen Regionen zu fördern, die durch leichte Böden (Grundwasserschutz), hohe Grünlandanteile (Biodiversitätsschutz) und hohe Viehdichten (regionale Reduktion der Emissionen) geprägt sind.

Schließlich ist im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung von Ökosystemdienstleistungen zu konstatieren, dass „der höhere Flächenanspruch des ökologischen Landbaus [...] für das Erreichen anderer Umweltziele und ggf. zur Durchsetzung des Erhalts des Kulturlandschaftsbildes genutzt“ werden kann (Osterburg et al. 2013a: 84).

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Die ökologische Landwirtschaft wird nicht gesondert abgebildet. Allerdings fließen die Klimawirkungen der ökologischen Landwirtschaft indirekt über verschiedene Größen (mittlere Milchleistungen, Flächenerträge, verminderte N-Mineraldüngung) in die THG-Berichterstattung mit ein (Osterburg et al. 2013a).

Bewertung: Die flächenbezogenen THG-Emissionen sind im ökologischen Landbau in der Regel niedriger als im konventionellen Landbau. Aufgrund der teilweise deutlich niedrigeren Erträge und Leistungen gilt dies nicht für die produktbezogenen THG-Emissionen. Diese fallen je nach Standort, Betriebsausrichtung und Management sehr unterschiedlich aus. Deshalb kann die ökologische Landwirtschaft nicht als Klimaschutzmaßnahme empfohlen werden. „Mit dem ökologischen Landbau können [...] andere flächenbezogene Umweltziele erreicht werden, z. B. durch verminderte Nährstoffausträge in Wasserschutzgebieten oder Auenlandschaften und bei Biodiversitätsfragen. [...] Insgesamt gilt es, im ökologischen Landbau ebenso wie im konventionellen Landbau Effizienzreserven durch Management zu mobilisieren und durch Positivbeispiele besonders gut wirtschaftender Betriebe zu fördern (Osterburg et al. 2013a: 85).

Als Fazit kann festgehalten werden, dass politische Maßnahmen zur Ausdehnung des ökologischen Landbaus aus Gründen des Klimaschutzes v. a. dann sinnvoll erscheinen, wenn zusätzliche Bedingungen/Voraussetzungen wie z. B. leichte Böden oder hoher Grünlandanteil (vgl. Taube et al. 2006) erfüllt und *Win-win*-Effekte mit weiteren Umweltleistungen evident sind. Allein aus Gründen des Klimaschutzes ist eine pauschale Förderung des Ökolandbaus angesichts der bisher vorliegenden Daten nicht zielführend.

5.2.9 Verbesserung der Energieeffizienz

Bezeichnung der Maßnahme: Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft (einschließlich Gartenbau)

Beschreibung der Maßnahme: „In landwirtschaftlichen Betrieben kann durch verbesserte Wartung, Einstellung und Anwendung von Technik, durch Investitionen in energiesparende Maschinen und Anlagen sowie Gebäudeinvestitionen Energie eingespart werden. Schwerpunkte des Energieverbrauchs sind Gewächshäuser, Ställe für Schweine und Geflügel. Milchgewinnung und -kühlung sowie Transporte und Bodenbearbeitung“ (Osterburg et al. 2013a: 82). Im Folgenden wird auf den Energieverbrauch in Gewächshäusern und den Energieverbrauch durch den Einsatz von Landmaschinen näher eingegangen. Für die übrigen Bereiche wird auf Flessa et al. (2012) verwiesen.

Die Produktion in geheizten Gewächshausanlagen erfolgt in Deutschland auf rund 3.300 ha. Diese Fläche wird teilweise ganzjährig beheizt. Die CO₂-Freisetzung lässt sich aus der genutzten Gewächshausfläche und einem mittleren jährlichen Energieverbrauch grob auf rund 2 bis 2,5 Mio. t CO₂-Äq abschätzen (nach Angaben von Fink 2009, Voss et al. 2014, Berwanger 2015). Bisher wurde die Frage des Energieverbrauchs stärker unter dem Gesichtspunkt der Wettbewerbsfähigkeit diskutiert. Mehrere Erhebungen (Ruhm et al. 2007, Tantau et al. 2007, SEF-Energietechnik 2011, Voss et al. 2014) zeigen, dass das Potenzial zur Einsparung von Energie bisher nur unzureichend ausgeschöpft worden ist. Langfristige Überlegungen gehen dahin, dass eine CO₂-neutrale Produktion auch in Gewächshäusern möglich sein sollte.

Schon derzeit gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, die Klimabelastung durch den Energieeinsatz im Unterglasgartenbau zu reduzieren (Ruhm et al. 2009). Durch eine Modernisierung bestehender Gewächshäuser kann eine bessere Isolation erreicht werden. So ermöglichen es Energieschirme, den Energieverbrauch in der Nacht um bis zu 60 % abzusenken. „Gute Isolierung von Kessel und Zuleitungen, regelmäßige Wartung und Reinigung von Kessel und Brenner, Verringerung von Stillstandverlusten durch Abstufung der Heizleistung, Einsatz eines Abgaskondensators und die Nutzung der Niedertemperatur- und Brennwerttechnik“ (Ruhm et al. 2009: 53) sowie Maßnahmen zur Erhöhung der Regelgenauigkeit helfen ebenfalls, den Energieverbrauch zu senken. Besonders aussichtsreich bei der Entwicklung neuer Technologien zur Energieeinsparung scheinen dynamische Klimastrategien zu sein. Der Beginn der Produktion mit Jungpflanzen, die während der heizintensiven Phase in meistens sehr gut ausgestatteten Jungpflanzenbetrieben angezogen wurden, und die Wahl von Sorten mit geringeren Wärmeansprüchen sind weitere Maßnahmen. Der Einsatz erneuerbarer Energien trägt dann zur Verbesserung der Energieeffizienz bei, wenn dadurch nicht an anderer Stelle entsprechend mehr fossile Energieträger eingesetzt werden.

Der Energieverbrauch bei Landmaschinen hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Nach dem von der Landmaschinenindustrie verwendeten „Vier-Säulen-Modell“ lassen sich vier Handlungsbereiche unterscheiden, mit denen eine Reduktion der CO₂-Emissionen erreicht werden kann: (1) Verbesserung der Effizienz der eingesetzten Maschinen (Maschineneffizienz), (2) Optimierung der Prozesse, in denen Maschinen eingesetzt werden (Prozesseffizienz), (3) Nutzung von Einsparpotenzialen durch optimierte Bedienung von Maschinen (Bedienereffizienz), und (4) Nutzung von alternativen Kraftstoffen (CEMA und CECE 2011, Hanke et al. 2014). Als Zielgröße einer Verringerung der CO₂-Emissionen beim Einsatz von Maschinen ist der Kraftstoffeinsatz je erzeugter Produkteinheit sinnvoll, weil damit die unterschiedlichen Einsparpotenziale in der gesamten Prozesskette berücksichtigt werden können (Hanke et al. 2014). Dieser Ansatz ist innovativ, da bisherige legislative Maßnahmen zur Emissionsenkung nur den Verbrennungsmotor im Fokus hatten. Entsprechend können Maßnahmen dort einsetzen, wo die Einsparpotenziale besonders hoch bzw. besonders kostengünstig zu erreichen sind. Zum Beispiel zeigte eine Studie zum Einsatz von Ackerschleppern, dass das größte Einsparpotenzial in der Verbesserung der Bedienereffizienz lag (s. Abb. 5.2), die durch entsprechende Schulung und Ausbildung erhöht werden kann. Im Bereich der Maschineneffizienz wurden seit den 1970er-Jahren bereits erhebliche Fortschritte erzielt,

jedoch bestehen weiterhin ungenutzte Potenziale (Böttinger 2008). Die Prozesseffizienz kann v. a. durch Maßnahmen der Präzisionslandwirtschaft und durch digitalisierte Farm-Management-Systeme erhöht werden, die von der Landmaschinenindustrie unter dem Begriff „Landwirtschaft 4.0“ entwickelt werden. Für den Handlungsbereich des Einsatzes alternativer Kraftstoffe gelten die Ausführungen in Kapitel 5.2.6.

Abbildung 5.2: Kraftstoffeinsparpotenzial bei Ackerschleppern durch unterschiedliche Maßnahmen

Maßnahme	Einsparung von bis zu
richtige Schleppermasse	10%
richtige Radlastverteilung	2%
richtige Bereifung und Luftdruck	8%
Gangwahl	26%
Schlepper-Geräte-Kombination	20%
Anpassung Fahrgeschwindigkeit	8%
Zuschalten von Allradantrieb	8%
Zuschalten von Differenzialsperre	5%
Fahren quer zum Hang	5%

Quelle: Böttinger (2008, nach Schreiber 2006).

Maßnahmenszenario: Für landwirtschaftliche Betriebe wird analog zu Osterburg et al. (2013a: 82) und Flessa et al. (2012) „von einem kurz- bis mittelfristig realisierbaren Einsparungspotenzial von 15 bis 25 % des derzeitigen Energieverbrauchs“ ausgegangen. In einzelnen Bereichen wird das Energieeinsparpotenzial jedoch wesentlich höher eingeschätzt, z. B. im Unterglas-Gartenbau (KTBL und ZINEG 2014).

THG-Minderungspotenzial: Durch direkten Energie- und Stromverbrauch wurden 2010 im gesamten Agrarsektor in Deutschland THG-Emissionen von ca. 9,7 Mio. t CO₂-Äq verursacht (Osterburg et al. 2013a). Das Minderungspotenzial liegt damit in einem Bereich von ca. 1,5 bis 2,4 Mio. t CO₂-Äq/Jahr.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die einmal erzielte THG-Minderung ist dauerhaft und nicht umkehrbar. Dass die THG-Minderung auch zukünftig erzielt wird, ist v. a. bei den Einsparungen, die auf Investitionen in energieeffizientere Gebäude und Maschinen zurückzuführen sind, wahrscheinlich.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die Einsparung bei fossilen Energiequellen hat weitere positive Umweltwirkungen, z. B. in den Bereichen Luftverschmutzung, Versauerung und bodennahes Ozon (Flessa et al. 2012).

Vermeidungskosten in € pro t CO₂-Äq: Hierzu liegen keine verallgemeinerbaren, belastbaren Zahlen vor. Generell gilt, dass Maßnahmen in den Bereichen der Wartung, der Einstellung und optimalen Anwendung von Technik in vielen Fällen Kosten einsparen können. Hingegen ist eine Amortisation von energiesparenden Investitionen oftmals nur bei langen Nutzungszeiträumen und hohen Energiepreisen gegeben (Osterburg et al. 2013a).

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Eine Vielzahl von Politikmaßnahmen kann zur Verbesserung der Energieeffizienz beitragen (s. Osterburg et al. 2013a): Information, Beratung und Wissenstransfer, fiskalpolitische Maßnahmen (z. B. Besteuerung fossiler Energieträger, Reduzierung der Gasöverbilligung), Entwicklung und Anwendung von Energiesparstandards für landwirtschaftliche Geräte, Maschinen und Gebäude oder Investitionsbeihilfen).

Das „Bundesprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau“ (BLE 2014) zielt darauf ab, durch Informations- und Wissensvermittlung sowie Investitionsmaßnahmen die Anschaffung von Anlagen oder Aggregaten zu ermöglichen, deren Anschaffung energieeinsparend wirkt.

Eine mögliche freiwillige Maßnahme stellen Selbstverpflichtungsabkommen dar. Die europäische Landtechnikindustrie, die in der CEMA organisiert ist, strebt eine freiwillige Selbstverpflichtung zur Reduktion von CO₂-Emissionen in Verfahrensketten der Agrarproduktion an. Dabei soll, wie oben erwähnt, eine Reduzierung der CO₂-Emissionen je Tonne Getreideeinheit angestrebt werden (Fleck et al. 2014). Auch sind Selbstverpflichtungen mit landwirtschaftlichen Unternehmen eine Option, wie es sie z. B. in den Niederlanden im Rahmen von „*Long-term agreements on energy efficiency*“ gibt (NL Agency 2011).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Diese sind nicht zu erwarten.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Die Reduzierung des Einsatzes fossiler Energieträger führt in der Berichterstattung zu einer Verringerung der in der Quellgruppe 1 „Energie“ erfassten THG-Emissionen.

Bewertung: Zur Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Ansatzstellen und Politikinstrumente. Auch andere Autoren weisen in internationalen Studien Verbesserungen in der Energieeffizienz als besonders kosteneffiziente Klimamaßnahmen aus (MacLeod et al. 2015). Viele der Maßnahmen tragen zur Einsparung von Kosten in den Betrieben bei. Dies gilt insbesondere für den Einsatz von Landmaschinen, da die Treibstoffkosten hier einen erheblichen Anteil der gesamten Kosten ausmachen. Allerdings sind Investitionen, z. B. in neue Gewächshäuser, oftmals mit prohibitiv hohen Kosten verbunden, die auch sehr langfristig ausgerichtet sind. Der Ansatz der freiwilligen Selbstverpflichtung der europäischen Landmaschinenindustrie ist aus klimapolitischer Sicht vorteilhaft, weil er auf eine Optimierung über die gesamte Prozesskette zielt. Allerdings bestehen erhebliche methodische Herausforde-

rungen in der Umsetzung, welche z. B. in einem bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung beantragten Forschungsprojekt (EKoTech) gelöst werden sollen.

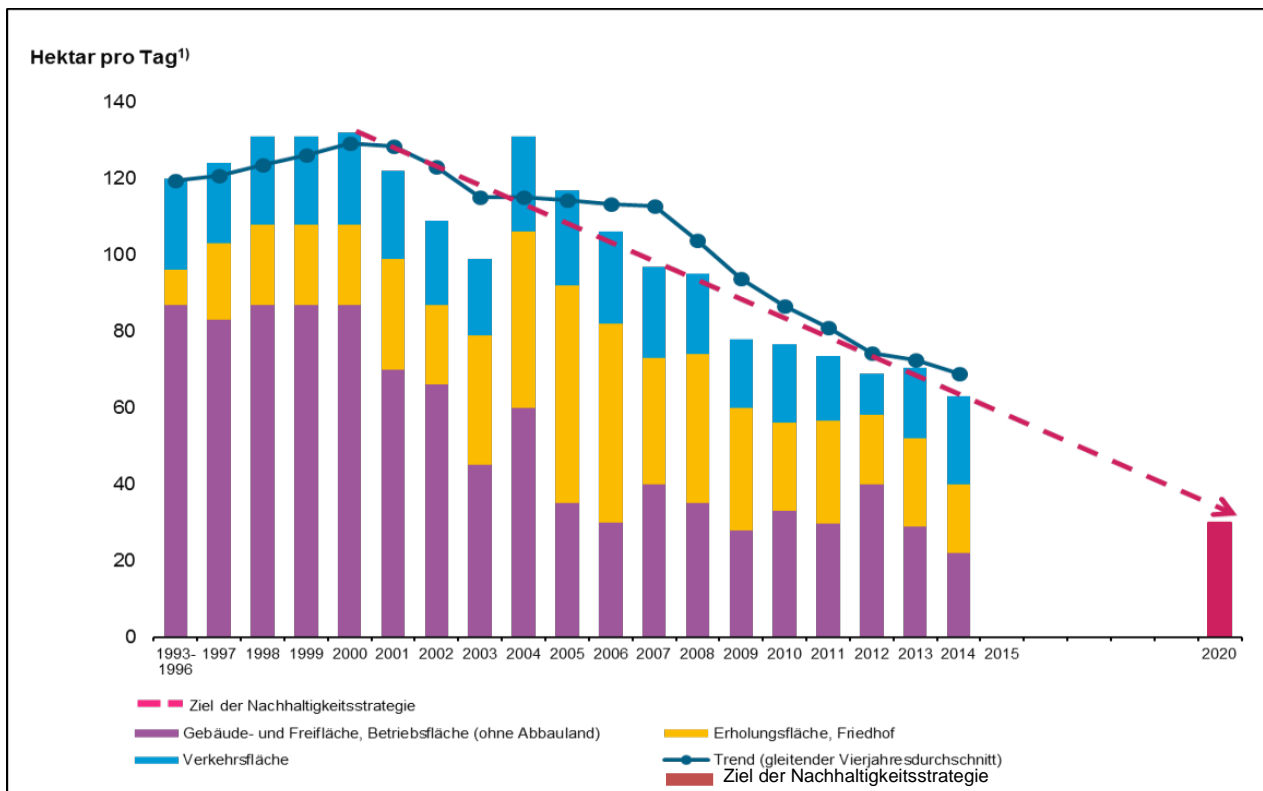
5.2.10 Reduzierung der Inanspruchnahme land- und forstwirtschaftlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke

Bezeichnung der Maßnahme: 30-Hektar-Ziel: Reduzierung der Inanspruchnahme land- und forstwirtschaftlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke

Beschreibung der Maßnahme: Die Inanspruchnahme land- und forstwirtschaftlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist unter Klimaschutzgesichtspunkten negativ zu sehen. Zum einen geht damit in der Regel ein Verlust an Kohlenstoffspeicherung einher. Zum anderen führt der Verlust an landwirtschaftlicher Fläche zu indirekten Landnutzungsänderungen. Mit der Maßnahme soll die Inanspruchnahme land- und forstwirtschaftlicher Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke reduziert werden.

Maßnahmenszenario: Es wird angenommen, dass die durchschnittliche tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV-Fläche) von 69 ha im Zeitraum 2010 bis 2014 (s. Abb. 5.3) entsprechend dem Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung bis 2020 auf 30 ha reduziert wird. Für das Referenzszenario wird von einem unveränderten Zuwachs um 69 ha/Tag ausgegangen.

THG-Minderungspotenzial: Laut Nationalem THG-Inventarbericht 2014 betrug der implizite Emissionsfaktor für die Landnutzungsänderung zur Kategorie „Siedlungen“ 2012 in Deutschland im Durchschnitt 0,7 t C/ha (UBA 2014b) bzw. 2,6 t CO₂-Äq/ha. Dieser Wert wird im Folgenden für den Zuwachs der SuV-Fläche verwendet. Bei einem konstanten Zuwachs von 69 ha/Tag und einer SuV-Fläche von 48,2 Mio. km² im Jahr 2012 ergibt sich 2020 eine um rund 200.000 ha größere SuV-Fläche als 2012. Geht man davon aus, dass sich der tägliche Zuwachs bis 2020 linear auf dann 30 ha/Tag reduziert, liegt die SuV-Fläche 2020 um 145.000 ha über dem Wert von 2012. Bei linearer Erreichung des 30-Hektar-Ziels wäre die SuV-Fläche 2020 damit um ca. 55.000 ha unter dem Wert bei unverändertem SuV-Wachstum. Das THG-Minderungspotenzial liegt damit im Jahr 2020 in einer Größenordnung von 0,04 Mio. t CO₂-Äq, für den Gesamtzeitraum 2013 bis 2020 bei 0,2 Mio. t CO₂-Äq bzw. bei über diesen Zeitraum durchschnittlich 0,02 Mio t CO₂-Äq/Jahr. Nicht erfasst ist hierbei der positive indirekte Landnutzungseffekt, der sich aus der weniger umfangreichen Umwidmung von land- und forstwirtschaftlicher Fläche für SuV-Zwecke ergibt.

Abbildung 5.3: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland (in ha/Tag)

Anm.: 1) Die Flächenerhebung beruht auf der Auswertung der Liegenschaftskataster der Länder. Aufgrund von Umstellungsarbeiten in den amtlichen Katastern (Umschlüsselung der Nutzungsarten im Zuge der Digitalisierung) ist die Darstellung der Flächenzunahme ab dem Jahr 2004 verzerrt.

Quelle: Statistisches Bundesamt (2015a).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Der höhere C-Speicher der nicht zu SuV-Flächen umgewandelten Flächen bleibt so lange erhalten, bis die betreffenden Flächen als SuV-Flächen genutzt werden.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Auch wenn die SuV-Fläche nicht mit der versiegelten Fläche gleichgesetzt werden darf, wie Abb. 5.2 zeigt, ist die Reduzierung der Inanspruchnahme land- und forstwirtschaftlicher Flächen aus ökologischer Sicht positiv zu sehen. Sie trägt ebenfalls positiv zum Ziel der Ernährungssicherung bei. Aus ökonomischer Sicht schränkt die Maßnahme Verwendungsmöglichkeiten ein, für die eine höhere Zahlungsbereitschaft für Boden besteht.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Hierzu liegen keine Informationen vor.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: In den letzten ein- einhalb Jahrzehnten wurde die Zunahme der SuV-Flächen bereits deutlich reduziert (s. Abb. 5.2). Nach Analysen des Bundesinstituts für Bau-, Siedlungs- und Raumforschung (BBSR) ist aber nicht davon auszugehen, dass das 30-Hektar-Ziel 2020 bereits erreicht wird, und es ist auch nicht an-

zunehmen, dass dies 2030 der Fall sein wird: Nach den Trendberechnungen des BBSR ist für 2030 eine tägliche Zunahme der SuV-Fläche von 45 ha (darunter 19,5 ha für Gebäude- und Freiflächen, 15,5 ha für Verkehrsflächen, 9 ha für Erholungs- und Grünflächen) zu erwarten (Goetzke et al. 2014). Modellanalysen von Goetzke und Hoymann (2015) zufolge ließe sich der tägliche Anstieg der SuV-Fläche für Deutschland bis 2030 auf rund 20 ha begrenzen, insbesondere durch eine kompakte Siedlungsentwicklung. Die Analysen zeigen aber auch, dass im Szenario „Klimaanpassung“ die SuV-Fläche 2030 um rund 40 ha/Tag zunimmt.

Die Zunahme der SuV-Flächen ist einer der Nachhaltigkeitsindikatoren der Bundesregierung und ist statistisch gut erfasst.

Eine normative Stärkung des Grundsatzes der Flächenschonung und des Schutzes der Agrarstruktur (s. BauGB) sowie eine stärkere Beachtung dieser Vermeidungspflichten im Verwaltungsvollzug könnte dem Wachstum der SuV-Flächen entgegenwirken (vgl. DBV 2011). Beispiele für Maßnahmen sind die Stärkung der Innenentwicklung, Ausbau vor Neubau, Wiedernutzung von Siedlungs- und Industriebrachen, Konzentration und Verdichtung der Bebauung, Entsiegelung nicht mehr notwendiger SuV-Flächen, Reform der Grundsteuer, Fortentwicklung von Infrastrukturkostenrechner sowie Bewusstseinsbildung, Information und Sensibilisierung (siehe z. B. LABO 2010, 2012, MKRO 2016, SRU 2016).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Die Maßnahme trägt zum Erhalt landwirtschaftlicher Flächen und agrarischer Produktionsmöglichkeiten bei und induziert damit aus Klimaschutzsicht positive Landnutzungsänderungen.

Bewertung der Maßnahme: Die Maßnahme ist positiv zu bewerten, insbesondere unter ökologischen Gesichtspunkten. Der absolute, direkte Beitrag zum Klimaschutz ist allerdings als sehr gering anzusehen.

5.3 Maßnahmen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln

Im Folgenden werden verschiedene Optionen diskutiert, durch konsumpolitische Maßnahmen zum Klimaschutz beizutragen. Hinsichtlich des Klimaschutzes besteht ein bedeutender Unterschied zwischen Lebensmittelkonsum und anderen Konsumbereichen: Lebensmittelkonsum ist ein existenzielles Grundbedürfnis. Können Verbraucher in anderen Konsumfeldern durch weniger Konsum (Suffizienz) ihre Treibhausgasbilanz entscheidend verbessern, ist das Reduktionspotenzial bei Lebensmitteln aufgrund der physiologischen Notwendigkeiten begrenzter. Lebensmittel können auch nicht durch Dienstleistungen oder andere Konsumgüter ersetzt werden.

Während Studien zeigen, dass die THG-Emissionen des Gesamtkonsums am stärksten an den Faktor Einkommen gekoppelt sind (mit hohem Einkommen also deutlich höher liegen; Nässén et al. 2015), ist dies für den Lebensmittelkonsum nicht der Fall, da die Konsummenge hier mit dem

Einkommen nicht ansteigt. Allerdings zeigt die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008, dass Rindfleisch bevorzugt in den höheren Einkommensstufen verzehrt wird und die einkommensschwachen Haushalte eher auf Schweinefleisch zugreifen (Statistisches Bundesamt 2008).

Im Vordergrund einer klimabezogenen Ernährungspolitik steht daher nicht die Konsumintensität, sondern die Verlagerung des Konsums auf klimafreundlichere Substitute. Die Höhe des Lebensmittelkonsums liegt jedoch letztendlich in der Entscheidungshoheit eines jeden Einzelnen und nicht des Staates.

Verschiedene Umfragen zeigen, dass die Mehrheit der Verbraucherinnen und Verbraucher dem Thema Klimaschutz eine hohe Bedeutung zuschreibt bzw. dass es für sie selbst als Verbraucher wichtig sei, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten (vgl. Flash Eurobarometer 2014, Dirks et al. 2010, Emberger-Klein et al. 2015). Eine spezifische repräsentative Befragung in Deutschland zur klimafreundlichen Ernährung liegt momentan nicht vor. Allerdings zeigen verschiedene Befragungen, dass Aspekte einer klimafreundlichen Ernährung von vielen Verbrauchern positiv bewertet werden und sie diese beim Kauf von Lebensmitteln berücksichtigen möchten (Dirks et al. 2010). In einem BMBF-Projekt (Emberger-Klein et al. 2015) wurden Konsumenten offen befragt, welche Informationen sie nutzen, um klimafreundliches Obst und Gemüse zu erkennen: Mit weitem Abstand wurde hier die Herkunft als Kriterium genannt. Es folgen Bio-Siegel und Preis, erst dann spezifische Klimalabel, die von weniger als 20 % der Probanden erwähnt wurden. Insgesamt zeigt die Studie, dass Verbrauchern der Klimaschutz zwar grundsätzlich wichtig ist und Zahlungsbereitschaften vorhanden sind, aber derzeit wenig Bezug zum eigenen Einkaufsverhalten hergestellt wird bzw. werden kann.

Ein wesentliches Problem besteht also darin, dass Verbraucher, um ihr Verhalten klimafreundlicher gestalten zu können, in der Lage sein müssen, klimafreundlicheres Ernährungsverhalten als solches und klimafreundlichere Lebensmittel zu identifizieren. Da es sich, wie das vorliegende Gutachten zeigt, um eine komplexe Thematik handelt, sind Verbraucher hier auf entsprechende Handlungsempfehlungen von politischen und zivilgesellschaftlichen Organisationen angewiesen. Ein Überblick über entsprechende Empfehlungen (s. Kap. 5.3.1) verdeutlicht allerdings, dass die Empfehlungen verschiedener Organisationen lediglich in Teilbereichen übereinstimmen. Damit fehlt eine konsistente Basis an Empfehlungen, anhand derer die Verbraucher ihr Ernährungsverhalten effektiv klimafreundlicher gestalten können. Die Untersuchung der verschiedenen Empfehlungen (s. Kap. 5.3.2 bis 5.3.11) zeigt darüber hinaus, dass ein Teil der empfohlenen Maßnahmen nicht notwendig zu einer eindeutigen bzw. tatsächlichen Reduktion von THG-Emissionen der Ernährung führt.

Eine Konsumpolitik, die substantziell zum Klimaschutz beiträgt, ist bisher in Deutschland wie weltweit noch nicht entwickelt.¹³⁷

¹³⁷ Der WBAE wird sich in einem seiner nächsten Gutachten ausführlich der Konsumpolitik widmen.

Insgesamt ist damit für den Ernährungssektor davon auszugehen, dass beim Klimaschutz konsumseitige im Vergleich zu angebotsseitigen Maßnahmen vergleichsweise komplex in der Umsetzung sind. Umso wichtiger sind langfristig angelegte Strategien und ein breiter Instrumentenmix. Das Beispiel der Tabakpolitik zeigt grundsätzlich, dass Konsummuster veränderbar sind, es wird aber auch deutlich, dass umfassende Instrumentenkombinationen notwendig sind.

5.3.1 Überblick über zivilgesellschaftliche und politische Empfehlungen hinsichtlich klimafreundlichen Konsums

Von verschiedenen Seiten wie den Printmedien, sozialen Medien, Verbraucherorganisationen oder Ministerien werden unterschiedliche Verhaltensänderungen im Zusammenhang mit der Ernährung und dem Lebensmitteleinkauf empfohlen. Tabelle 5.4 zeigt anhand ausgewählter Beispiele, dass die Empfehlungen in einigen Punkten durchaus unterschiedlich ausfallen.

Im Folgenden werden einige der in Tabelle 5.4 genannten Vorschläge diskutiert. Sie stellen allerdings nur eine beispielhafte Auswahl der diskussionswürdigen Maßnahmen dar. So werden einige Maßnahmen diskutiert, deren Klimawirkung weniger eindeutig ist, als in vielen Empfehlungen dargestellt (z. B. Regionalität und Saisonalität). Diese werden in Teilen relativiert. Zudem werden die Maßnahmen identifiziert, die eindeutige THG-Emissionsvermeidungen in relevanten Größenordnungen erlauben. Dazu gehört auch der Konsum von Leitungswasser anstatt Wasser in Flaschen (wie Mineral- und Heilwasser). Hier besteht zwar insgesamt nur ein kleines Reduktionspotenzial, die Maßnahme ist aber relativ einfach umzusetzen (s. dazu auch Oxfam Deutschland 2012). Andere denkbare Maßnahmen wären z. B. die Reduktion des Konsums von Genussmitteln (wie Bier, Wein) oder Reis aus Nassanbau.

Tabelle 5.4: Beispielhafter Überblick über Empfehlungen zu „klimafreundlichem“ Ernährungsverhalten

Empfehlung	Oxfam Deutschland (2012)	Verbraucherzentralen Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Saarland und Schleswig-Holstein (2013)	Lappé (2010)	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit empfiehlt (BMUB 2015)	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV 2008)
Tierische Produkte	Fleischkonsum reduzieren	Weniger Fleisch, Wurst	"Put plants on your plate"	Weniger Fleisch	Mehr pflanzliche und weniger tierische Lebensmittel.
Milchprodukte	Weniger Milchprodukte konsumieren	Weniger tierische Lebensmittel wie Milchprodukte und Eier konsumieren	"Put plants on your plate"	Weniger Milchprodukte	Mehr pflanzliche und weniger tierische Lebensmittel.
Fettarme Produkte	Fettarme Produkte bevorzugen			Fettreiche Lebensmittel in Maßen	
Gemüse und Obst		Mehr Gemüse und Obst			
Lebensmittelabfälle		Lebensmittelabfälle vermeiden	"Finish your peas - or send them to the compost"	Lebensmittelabfälle vermeiden	Lebensmittelabfälle vermeiden
Trinkwasser	Leitungswasser bevorzugen				
Einkaufswege	Einkaufswege (Autonutzung) reduzieren	Unnötige Autofahrten zum Einkaufen vermeiden		Das Auto stehen lassen	Einkaufen zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit öffentlichen klimafreundlichen Verkehrsmitteln
Transportweg	Nahrungsmittel sollten keine langen Wege hinter sich haben (Schiff ist besser als Flugzeug)	Flugware meiden			Keine Produkte, die per Flugzeug importiert werden, möglichst regionale Lebensmittel.

Quelle: Siehe 1. Tabellenzeile. Die Veröffentlichung *Diet for a hot planet* von Lappé (2010) wird beispielhaft für eine Vielzahl populärwissenschaftlicher Literatur genannt.

Tabelle 5.4: Beispielhafter Überblick über Empfehlungen zu „klimafreundlichem“ Ernährungsverhalten – Fortsetzung

Empfehlung	Oxfam Deutschland (2012)	Verbraucherzentralen Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Saarland und Schleswig-Holstein (2013)	Lappé (2010)	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit empfiehlt (BMUB 2015)	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV 2008)
Regional		Lebensmittel aus der Region statt weit gereister Produkte	"Lean towards local"	regional	
Saisonal	Saisonale Produkte bevorzugen	Saisonale Produkte bevorzugen		saisonal	
Beheizte Gewächshäuser		Produkte aus beheizten Gewächshäusern meiden			
Bioprodukte	Ökologische, Bio-Siegel zertifizierte Produkte bevorzugen	Öfter Bio-Lebensmittel	"Don't panic, go organic"	Lebensmittel: ökologisch, EU-Biosiegel, MSC-Siegel	
Tiefkühlware	Tiefkühlware reduzieren	Tiefkühlvarianten reduzieren			Frische, gering verarbeitete Lebensmittel statt Tiefkühlware
Verpackung	Verpackung vermeiden		"Send packaging packing"		
Haushaltsgeräte		Stromsparende Haushaltsgeräte nutzen			Energieeffiziente Haushaltsgeräte
Ernährung			"Reach for real food"		
Konserven		Konservenvarianten reduzieren			
Zubereitung	Sparsam kochen				
Kochen			"Got to get ourselves back in the kitchen"		

Quellen: Siehe 1. Tabellenzeile. Die Veröffentlichung *Diet for a hot planet* von Lappé (2010) wird beispielhaft für eine Vielzahl populärwissenschaftlicher Literatur genannt.

5.3.2 Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE

Bezeichnung der Maßnahme: Reduzierung von Emissionen durch eine Verringerung des Konsums tierischer Erzeugnisse unter Berücksichtigung ernährungswissenschaftlicher Empfehlungen

Beschreibung der Maßnahme: Die durchschnittlichen THG-Emissionen pro Kilogramm Lebensmittel variieren zwischen unterschiedlichen Lebensmitteln stark (s. Kap. 2.4.2). Die höchsten THG-Emissionen je Kilogramm weisen Butter, Rindfleisch, Käse und Quark, Schweinefleisch sowie Geflügelfleisch auf (s. Abb. 2.5). Gemäß den Empfehlungen der DGE sollte der Verzehr von Fleisch- und Fleischprodukten für gesunde Erwachsene bei nicht mehr als 600 g/Woche liegen (DGE 2008, 2015). Im Mittel liegt der Verzehr von Fleisch- und Fleischprodukten bei erwachsenen Männern (15 bis 80 Jahre) derzeit jedoch bei 1,1 kg/Woche, bei Frauen bei 600 g/Woche (Krems et al. 2013). Dabei entfällt der wesentliche Anteil in beiden Gruppen auf Wurstwaren (Krems et al. 2013).

Bei einer Reduktion des Anteils tierischer Produkte könnten die ernährungsbedingten THG-Emissionen gesenkt werden. In der internationalen Forschung wird dieser Ansatz ausgesprochen häufig vorgeschlagen (Stehfest et al. 2009, Tukker et al. 2011, Wolf et al. 2011, Wilson et al. 2013, Auestad und Fulgoni 2015, Meier 2015, Bryngelsson 2016).

Jedoch stellt Fleisch auch ein für eine gesundheitsfördernde Ernährungsweise bedeutendes Lebensmittel dar. Bei der Beurteilung des menschlichen Bedarfs für Makro- oder Mikronährstoffe gibt es nur wenige gesicherte Standards. In den meisten Fällen handelt es sich um Abschätzungen. Einer dieser gesicherteren Standards ist der Proteinbedarf, der von der Weltgesundheitsorganisation WHO für einen gesunden Erwachsenen mit 0,66 g/kg Körpergewicht (KG) angegeben wird. Die Empfehlung für die tägliche Zufuhr liegt bei 0,83 g/kg KG (WHO 2002). Bei einer Abschätzung des THG-Minderungspotenzials durch eine Verringerung des Konsums tierischer Produkte muss also berücksichtigt werden, dass, wenn durch diese Reduktion die Proteinzufuhr unter die empfohlenen 0,83 g/kg KG fällt, dies durch die Aufnahme pflanzlicher Proteine kompensiert werden muss. Auch diese Lebensmittel verursachen THG-Emissionen. Die Abschätzung des THG-Minderungspotenzials der Ernährung muss daher die Zusammenstellung der gesamten Nahrung unter Berücksichtigung einer ausreichenden Proteinversorgung in den Blick nehmen.

Die DGE-Empfehlungen wurden als Grundlage gewählt, weil sie für Verbraucher und Verbraucherinnen ohne einschlägige Fachkenntnisse am einfachsten umzusetzen und mit den geringsten Risiken für spezifische Mangelversorgungen verbunden sind. Darüber hinaus berücksichtigen sie die einheimische Esskultur und dürften somit auf Akzeptanz hinsichtlich einer Umsetzung stoßen.

Maßnahmenszenario: Es wird unterstellt, dass sich alle Personen in Deutschland entsprechend den Ernährungsempfehlungen der DGE ernähren (s. Tab. 5.5 und 5.6). Dies gilt für die Ernährung in privaten Haushalten sowie in der Außer-Haus-Verpflegung. Als Referenz wird die durchschnittliche Ernährung in Deutschland laut der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) herangezogen. Dies

ist der für diesen Zweck einzig zur Verfügung stehende Datensatz, wenngleich auch diese Erhebung mit einigen Schwächen, z. B. bzgl. Repräsentativität behaftet ist. Die NVS II bezieht sich auf das Jahr 2006 sowie die bundesdeutsche Bevölkerung im Alter von 14 bis 80 Jahren. Das Ernährungsverhalten von Kindern und Hochbetagten wurde nicht untersucht und wird in den folgenden Berechnungen nicht explizit berücksichtigt.

Da Frauen im Durchschnitt, wie oben angegeben., bereits einen den DGE-Empfehlungen weitgehend entsprechenden Fleischkonsum haben, würde die Anpassung des Konsums vorrangig durch Männer erfolgen. Vergleichend werden zudem Szenarien einer vollständig ovo-lakto-vegetarischen sowie veganen Ernährung präsentiert. Diese beiden Szenarien basieren auf USDA und USDHHS (2010). Tabelle 5.5 gibt einen Überblick über die betrachteten Ernährungsweisen.

Tabelle 5.5: Betrachtete Ernährungsweisen

	Beschreibung	Quellen
DGE (D-A-CH)	Offizielle Ernährungsempfehlungen hinsichtlich einer vollwertigen Ernährung in Deutschland, Österreich und der Schweiz	DGE (2015), SGE (2012)
Ovo-lakto-vegetarisch	Pflanzenbasierte Ernährung mit Verzehr von Milchprodukten und Eiern, jedoch ohne die Aufnahme von Fleisch-/Wurstprodukten sowie von Fisch und Schalentieren	USDA, USDHHS (2010)
Vegan	100% pflanzenbasierte Ernährung mit einem erhöhten Verzehr von mit Mikronährstoffen angereicherten Sojaprodukten und anderen Hülsenfrüchten sowie Nüssen und Samen	USDA, USDHHS (2010)

Quellen: Siehe letzte Spalte.

Tabelle 5.6 vergleicht die in der NVS II erhobenen durchschnittlichen täglichen Verzehrsmengen unterschiedlicher Produktgruppen mit den für eine Ernährung gemäß DGE sowie eine ovo-lakto-vegetarische bzw. vegane Ernährung vorgeschlagenen Verzehrsmengen. Laut NVS II lag der durchschnittliche Konsum von Fleisch- und Wurstprodukten 2006 bei 121 g/Tag, d. h. 843 g/Woche (Krems et al. 2013), normiert auf einen Kalorienkonsum von 2.000 kcal/Person und Tag sind es 105 g/Tag bzw. 735 g/Woche (s. Tab. 5.6). Bei einer Ernährungszusammenstellung nach den Empfehlungen der DGE würden 64 g Fleisch- und Wurstprodukte pro Tag (ca. 450 g/Woche) konsumiert werden.

Tabelle 5.6: Vergleich des Lebensmittelverzehr (in Menge und Kalorien) im Jahr 2006 nach der nationalen Verzehrsstudie II mit den betrachteten Ernährungsweisen (auf Basis von 2.000 kcal pro Person und Tag)

	Mittelwert Verzehr 2006		DGE (D-A-CH)		Ovo-lacto- vegetarisch		Vegan	
	g	(kcal)	g	(kcal)	g	(kcal)	g	(kcal)
Butter ^{a)}	12	(93)	11	(85)	8	(60)	-	-
Fettreiche Milchprodukte (Käse, Sahne etc.) ^{b)}	46	(186)	55	(223)			-	-
Fettarme Milchprodukte (Milch, Joghurt etc.) ^{c)}	205	(181)	225	(133)	628	(408) ^{d)}	-	-
Vegane Milchprodukte ^{d), e)}	-	-	-	-	-	-	732	(407)
Fleischprodukte ^{f)}	105	(153)	64	(84)	-	-	-	-
- Rind-, Kalbfleisch	19	(20)	12	(11)	-	-	-	-
- Schweinefleisch	58	(96)	35	(53)	-	-	-	-
- Geflügel	25	(33)	15	(18)	-	-	-	-
- Sonst. Fleisch	3	(4)	2	(2)	-	-	-	-
Eiprodukte	18	(26)	9	(13)	16	(23)	-	-
Fischprodukte	25	(25)	26	(27)	-	-	-	-
Getreideprodukte ^{g)}	281	(673)	362	(816)	295	(665)	295	(665)
Gemüse	226	(59)	400	(104)	245	(64)	245	(64)
Hülsenfrüchte ^{h)}	-	-	-	-	124	(174)	128	(180)
Früchte	338	(156)	250	(115)	250	(115)	250	(115)
Nüsse, Samen ⁱ⁾	3	(11)	-	-	21	(64)	26	(82)
Kartoffelprodukte	80	(55)	112	(78)	107	(74)	107	(74)
Pflanzliche Öle, Fette	15	(134)	24	(209)	27	(238)	34	(300)
Zucker	70	(248)	32	(114)	32	(114)	32	(114)
Summe	1425	(2000)	1571	(2000)	1754	(2000)	1850	(2000)

Anm: (a) Butter (Fett: 82,7 %, Protein: 0,8 %, Energiegehalt: 754 kcal/100 g).

(b) Fettreiche Milchprodukte (Fett: 17,7 %, Protein: 22,2 %, Energiegehalt: 405 kcal/100 g).

(c) Fettarme Milchprodukte (Fett: 4,4 %, Protein: 4,1 %, Energiegehalt: 88 kcal/100g). Aufgrund der DGE Empfehlungen, eher fettärmere Produkte zu verzehren, wurde ein reduzierter Energiegehalt von 59 kcal/100 g angenommen.

(d) Die Angaben in USDA und USDHHS (2010), die in Tassen-Äquivalenten (*cup equivalents*) erfolgten, wurden in entsprechende Gewichtseinheiten umgerechnet. Bei 2000 kcal/Person/Tag werden 3 Tassen empfohlen (entspricht bei 244 g/Tasse 732 g/Tag). Ein Tassen-Äquivalent entspricht bspw. einer Tasse Milch, eine Tasse Sojagetränk oder einer Tasse Joghurt bzw. 1,5 – 2 Unzen Käse (eine Unze = 28 g).

(e) Vegane Milchprodukte (Fett: 2,2 %, Protein: 3,7 %, Energiegehalt: 56 kcal/100 g nach Birgersson et al. (2009).

(f) Zusammensetzung der Fleischprodukte nach Tierarten gemäß Bundesdurchschnitt im Jahr 2006. Aufgrund der Empfehlung eher fettarme Produkte zu verzehren, wurden bei den Empfehlungen der DGE niedrigere Energiegehalte bei Fleisch und Wurstprodukten angenommen (2006: 145 kcal/100 g, DGE: 131 kcal/100 g).

(g) Aufgrund eines zunehmenden Vollkorn-, und damit Ballaststoffanteils bei Getreideprodukten, wurden bei den Empfehlungen und den Verzehrweisen geringere Energiegehalte angenommen (Verzehr 2006: 240 kcal/100 g, DGE/vegetarisch/vegan: 226 kcal/100 g).

(h) Beim Verzehr 2006 und den Empfehlungen der DGE (D-A-CH) sind Hülsenfrüchte nicht separat ausgewiesen, jedoch in der Gruppe des Gemüses berücksichtigt.

(i) Für die Empfehlung der DGE (D-A-CH) lagen keine quantifizierbaren Mengen für Nüsse oder Samen vor.

Quelle: Meier (2013).

THG-Minderungspotenzial: Im Vergleich zur durchschnittlichen Ernährung in Deutschland (auf Basis der NVS II, d. h. im Jahr 2006) wären mit der Umsetzung der Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 2008, DGE 2015) jährliche Treibhausgaseinsparungen in einer Größenordnung von 22,3 Mio. t CO₂-Äq verbunden – maßgeblich bedingt durch einen geringeren Verzehr von THG-intensiven Fleisch- und Wurstprodukten (s. Tab. 5.7).

Die fleisch- und wurstproduktspezifischen Emissionen würden dabei von 66,5 Mio. t CO₂-Äq im Referenzszenario (Ernährung 2006) auf 40,5 Mio. t CO₂-Äq im DGE-Szenario zurückgehen. Der durch die Umsetzung der DGE-Empfehlungen bedingte Mehrverzehr an Gemüse/Hülsenfrüchten (+5,9 Mio. t CO₂-Äq), Getreideprodukten/Kartoffeln (+6,2 Mio. t CO₂-Äq), pflanzlichen Ölen/Fetten (+2,3 Mio. t CO₂-Äq) und Fisch (+0,2 Mio. t CO₂-Äq) würde dadurch und einen ebenfalls durch die DGE-Empfehlungen bedingten Minderverzehr an Zucker/Süßwaren (-4,0 Mio. t CO₂-Äq), Obst (-2,8 Mio. t CO₂-Äq), Eiprodukten (-1,6 Mio. t CO₂-Äq), Milchprodukten (-1,5 Mio. t CO₂-Äq) und Butter (-1,0 Mio. t CO₂-Äq) mehr als kompensiert werden.¹³⁸

¹³⁸ Mit einer ovo-lakto-vegetarischen oder veganen Verzehrweise ließen sich, bezogen auf den Gesamtverbrauch in Deutschland, Treibhausgasemissionen in Höhe von 48 bzw. 91 Mio. t CO₂-Äq einsparen.

Tabelle 5.7: Ernährungsbedingte Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Verzehrweisen auf Bundesebene (in Mio. t CO₂-Äq/Jahr)

	Szenarien			
	Ernährung im Jahr 2006	DGE (D-A-CH)	Ovo-lakto- vegetarisch ^d	Vegan ^e
Landwirtschaft (inkl. Vorleistungen ^a und dLUC, LU ^b)	136	116	92	43
<i>im Inland</i>	96	81	65	19
landw. Produktion	82	70	59	18
LU Inland	14	10	6	1
im Ausland	40	36	27	24
landw. Produktion	25	23	19	20
LU Ausland	3	3	1	1
dLUC Ausland	12	10	7	3
Verarbeitung	21	19	19	20
Handel, Transport	14	16	18	19
Verpackung	18	15	11	15
Haushalt/Gastronomie ^c	51	51	51	51
Summe	240	218	192	149
Reduktion gegenüber Ernährung im Jahr 2006		-22	-48	-91
<i>in %</i>		-9%	-20%	-38%

Anm.: a Vorleistungen aus: Düngemittel-, PSM-Produktion, Gebäude- & Maschinenerstellung und -unterhaltung, Dienstleistungen

b Emissionen aus direkten Landnutzungsänderungen (dLUC) und Landnutzung (LU) gemäß Leip et al. (2010)

c Mittelwert aus Enquete-Kommission (1995) und Taylor (2000)

d Nach den Empfehlungen der DGE für gesunde Personen geeignet, nur wenn auf eine ausreichende Nährstoffzufuhr geachtet wird.

e Gemäß den Empfehlungen der DGE ist eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen vor allem bei vulnerablen Bevölkerungsgruppen nur schwer möglich

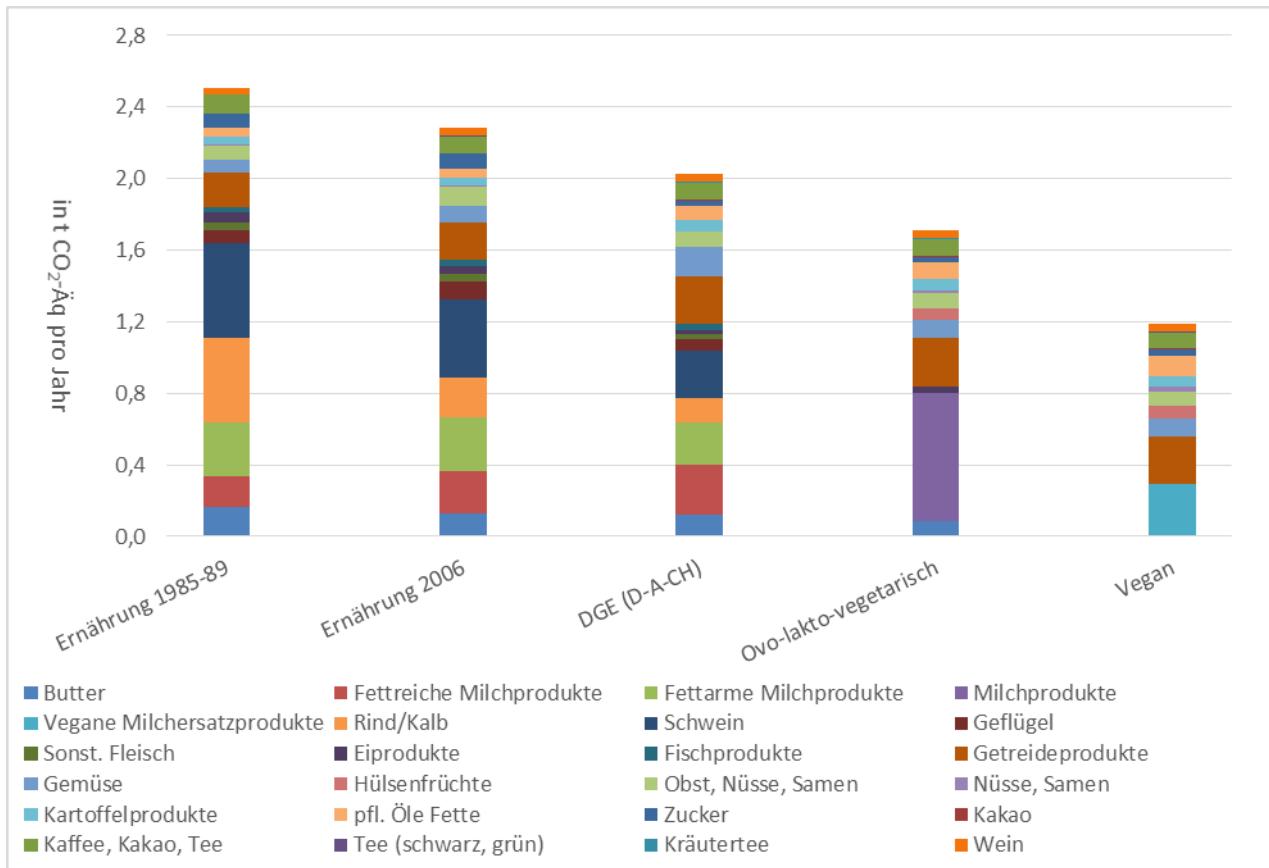
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Meier und Christen (2013), Meier (2014a) und Meier et al. (2014).

Pro Kopf ließen sich mit einer Ernährung nach DGE-Empfehlungen Einsparungen von 0,3 t CO₂-Äq/Jahr realisieren – mit einem Rückgang von 2,3 auf 2,0 t CO₂-Äq¹³⁹ (s. Abb. 5.4).¹⁴⁰ Die Pro-Kopf-Reduktionen der veganen und vegetarischen Ernährung fielen noch höher aus.

¹³⁹ Jeweils ohne THG-Emissionen aus Haushalt/Gastronomie (s. Tab. 5.6).

Abbildung 5.4 zeigt auch, dass die ernährungsbedingten THG-Emissionen 2006 um 11 % unter denen der Jahre 1985 bis 1989 (2,5 t CO₂-Äq) lagen. Dieser Rückgang ist vornehmlich auf den reduzierten Rindfleischverzehr zurückzuführen (1985 bis 1989: 15,7 kg/Kopf/Jahr, 2006: 7,3 kg/Kopf). Zu berücksichtigen ist hierbei, dass sich die Werte für 1985-1989 auf die damalige Bundesrepublik beziehen, die für 2006 auf das wiedervereinigte Deutschland.

Abbildung 5.4: Treibhausgasemissionen verschiedener Verzehrweisen (in t CO₂-Äq/Person und Jahr)



Anm.: Systemgrenzen cradle-to-store, d. h. ohne Emissionen aus Haushalt/Gastronomie.

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Meier und Christen (2013), Meier (2014a) und Meier et al. (2014).

Bei dieser Berechnung des THG-Minderungspotenzials wird nicht danach unterschieden, wo die Reduzierung der Viehhaltung erfolgt, und es wird unterstellt, dass auf den nicht mehr zur Futterproduktion benötigten Flächen keine THG-Emissionen anfallen (und auch kein Kohlenstoff festge-

¹⁴⁰ Mit einer ovo-lacto-vegetarischen bzw. veganen Ernährung wären pro Kopf Emissionseinsparungen in Höhe von 0,5 bzw. 1,1 t CO₂-Äq/Jahr verbunden. Im ovo-lacto-vegetarischen Szenario reduzieren sich die Gesamtemissionen, relativ gesehen steigt gleichzeitig die Bedeutung der Emissionen aus dem Konsum von Milchprodukten um über 30 % (s. Abb. 5.4).

legt wird). Welcher Anteil dieser THG-Einsparungen tatsächlich in Deutschland realisiert wird, hängt maßgeblich davon ab, a) wie stark die Tierhaltung in Deutschland zurückgehen würde bzw. in welchem Umfang der inländische Nachfragerückgang nach tierischen Produkten durch eine Zunahme von Exporten ausgeglichen würde und b) wie die in Deutschland frei werdenden Flächen anderweitig genutzt werden.

Auch andere Autoren sehen in einer Reduktion des Konsums tierischer Produkte einen signifikanten Ansatzpunkt zur Reduzierung von THG-Emissionen. Modellhaft analysieren Westhoek et al. (2014) das THG-Minderungspotenzial verschiedener Ernährungsszenarios innerhalb der 27 Mitgliedstaaten der EU im Kontext der daraus resultierenden Veränderungen der Produktion (Flächennutzung, Futterbedarf etc.). Eine 50 %ige Reduktion von tierischen Lebensmitteln einschließlich der Proteinkompensation durch erhöhten Konsum von Cerealien würde zu Reduktionen von 19 bis 42 % (entspricht ca. 90 bis 200 Mio. t CO₂-Äq)¹⁴¹ der THG-Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion der EU führen. Eine ähnliche Berechnung wird von einer schwedischen Arbeitsgruppe (Bryngelsson et al. 2016) vorgestellt, die unterschiedliche Ernährungsformen unter Berücksichtigung von Produktion und kompensatorischen Maßnahmen zur Sicherung der Energie- bzw. Proteinzufuhr untersucht. Wenn die derzeitige Entwicklung ohne technische Fortschritte in der Produktion (Wiederkäuer) und ohne Veränderung des Konsumentenverhaltens unverändert bliebe, rechnen die Autoren mit einem Anstieg der CH₄- und N₂O-Emissionen bis 2050 um ca. 40 %. Um die von der EU gesetzten Klimaziele bis 2050 zu erreichen, müssten nicht nur technische Innovationen in der Produktion tierischer Lebensmittel einschließlich der Produktion von Milch und Milchprodukten erfolgen, sondern auch eine Anpassung des Verzehrs tierischer Produkte. Dies würde eine drastische Reduzierung des Verzehrs von Rind- und Schaffleisch (mehr als 50 %) sowie eine gewisse Reduzierung von Milchprodukten bedeuten. Bryngelsson et al. (2016) zeigen, dass es möglich ist, die damit einhergehende geringere Zufuhr von Energie bzw. Eiweiß durch den Konsum anderer Fleischsorten (Schwein, Geflügel, Fisch) zu ersetzen und damit gleichzeitig eine wesentliche Reduktion der THG-Emissionen zu bewirken. Die aus einer solchen, von Bryngelsson et al. (2016) als „*climate carnivore*“ bezeichneten Ernährung resultierenden THG-Emissionen können denen einer veganen Ernährung (Vergleichsbasis: Energieäquivalent) nahe kommen und können geringer sein als die Emissionen einer vegetarischen Ernährung. Das THG-Minderungspotenzial einer drastischen Reduktion v. a. von Rindfleisch und Milchprodukten mit Kompensation dieser Eiweißquellen durch anderes Fleisch und pflanzliches Eiweiß wurde auch in weltweiten Analysen bestätigt (Hedenus et al. 2014, Springmann et al. 2016).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die THG-Minderung tritt so lange auf, wie die Verbraucher sich gemäß den DGE-Empfehlungen ernähren und die Annahme zutrifft, dass auf den freigewordenen Futterflächen keine THG-Emissionen oder C-Festlegung erfolgen.

¹⁴¹ Diese Abschätzungen basieren auf verschiedenen Szenarien mit unterschiedlichen Annahmen bzgl. frei werdender Flächen und deren Nutzung (Getreideanbau vs. mehrjährige Kulturen für Biokraftstoffe).

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die Reduktion des Verzehrs tierischer Produkte gilt vielfach als zentrale Maßnahme eines klimafreundlichen Konsumverhaltens. Die hier dargestellten Abschätzungen belegen, dass durch eine Ernährung gemäß der DGE-Empfehlungen ein bedeutender Beitrag zur Reduktion der THG-Emissionen geleistet werden kann. Die diskutierten Studien zeigen darüber hinaus, dass durch eine ovo-lacto-vegetarische bzw. vegane Ernährung weitere THG-Emissionsminderungen möglich sind. Allerdings sind die Empfehlungen einer bestimmten Ernährungsform Sache der entsprechenden Fachgesellschaften. Aus diesem Grund wird in diesem Gutachten im Hinblick auf den Konsum tierischer Produkte als Maßnahme die Befolgung der Empfehlungen der DGE diskutiert. Die DGE empfiehlt eine Mischkost, die zum größten Teil aus pflanzlichen und zum kleineren Teil aus tierischen Lebensmitteln besteht. Im Vergleich zum durchschnittlichen Verzehr tierischer Produkte entspricht dies einer Reduktion des Konsums insbesondere von Fleisch und Fleischprodukten, und zwar insbesondere für Männer.

Durch die mit vegetarischen und veganen Ernährungsformen einhergehenden weiteren Reduktionen des Konsums von tierischen Lebensmitteln kann es zu einer Nährstoffmangelversorgung insbesondere von Proteinen und Vitamin B12 kommen. Tabelle 5.8 zeigt, dass Personen mit einem sehr geringen Verzehr sowohl von Fleisch und Fleischprodukten als auch von Molkereiprodukten teilweise weniger als die von der WHO (2002) empfohlenen 0,83 g Protein/kg KG aufnehmen.

Tabelle 5.8: Durchschnittliche Gesamt-Proteinaufnahme der Teilnehmer der NVS II in g pro kg Körpergewicht und Tag in Abhängigkeit des Fleisch- und Milchprodukteverzehrs

Verzehr von Fleisch, Wurstwaren und Fleischgerichten in g pro Tag <i>(DGE-Empfehlung: ca. 40 - 85 g pro Tag)</i>	Verzehr von Milchprodukten in g pro Tag <i>(DGE-Empfehlung: ca. 250 - 310 g pro Tag)</i>	Proteinzufuhr Mittelwert g/kg KG/Tag	Personen	Anteil der Teilnehmer in %
0	<100	0,75	122	0,8
	100<300	0,91	163	1,1
	300<500	1,01	56	0,4
	500<700	1,08	30	0,2
	ab 700	1,42	19	0,1
1 - 49 g	<100	0,68	681	4,5
	100<300	0,83	1.097	7,2
	300<500	0,97	398	2,6
	500<700	1,10	176	1,2
	ab 700	1,19	95	0,6
50 - 119 g	<100	0,81	1.885	12,5
	100<300	0,95	3.061	20,2
	300<500	1,08	1.067	7,0
	500<700	1,17	364	2,4
	ab 700	1,32	251	1,7
120 - 200 g	<100	0,99	1.159	7,7
	100<300	1,12	1.628	10,8
	300<500	1,25	610	4,0
	500<700	1,35	254	1,7
	ab 700	1,53	176	1,2
> 200 g	<100	1,32	604	4,0
	100<300	1,48	719	4,7
	300<500	1,58	280	1,8
	500<700	1,79	129	0,9
	ab 700	2,10	112	0,7

Anm.: Die Proteinaufnahme bezieht sich auf die gesamte Ernährung der Befragten. Fett hervorgehobene Werte deuten eine Eiweiß-Unterversorgung an. In den Gruppen mit einem Fleischverzehr von über 49 g/Tag trat unabhängig vom Konsum von Milchprodukten keine Proteinunterversorgung auf. In den Gruppen mit einem Verzehr von Milchprodukten von mindestens 100 g/Tag trat unabhängig vom Konsum von Fleisch und Fleischprodukten keine Proteinunterversorgung auf. DGE-Empfehlungen: DGE (2015).

Quelle: MRI (2008).

Die DGE „hält [...] eine pesco- und ovo-lacto-vegetarische Ernährung für gesunde Personen als Dauerernährung für geeignet, wenn entsprechende Alternativen zur Optimierung der Nährstoffzufuhr gewählt werden.“ (Richter et al. 2016: 99). Sie geht jedoch davon aus, dass bei „vegane Ernährung [...] eine ausreichende Versorgung mit einigen Nährstoffen nicht oder nur schwer möglich“ ist. Besondere Sorgfalt sei außerdem bei Personen mit besonderen Anforderungen an die Nährstoffversorgung geboten, z. B. bei Schwangeren, Stillenden, Säuglingen und Kleinkindern.

Wie die o. g. Studien von Hedenus et al. (2014), Bryngelsson et al. (2016) und Springmann et al. (2016) zeigen, kann das THG-Minderungspotenzial darüber hinaus nicht nur durch einen möglichst weitreichenden Verzicht auf tierische Produkte, sondern auch durch eine optimierte Auswahl der zu konsumierenden tierischen Produkte erreicht werden. Dies stellt möglicherweise einen vielversprechenden Weg dar, einerseits Konsumentenpräferenzen hinsichtlich des Verzehrs tierischer Produkte entgegenzukommen und andererseits mit einer drastischen Reduktion des Konsums tierischer Produkte einhergehenden Problemen wie etwa einer Nährstoffmangelversorgung entgegenzuwirken.

Ernährungsempfehlungen dienen primär der Gesundheit. Als solche liegen sie in der Kompetenz der zuständigen Fachgesellschaften. Die folgende Diskussion von Synergien und Konflikten, Vermeidungskosten, politischer Umsetzbarkeit etc. sowie die in Kapitel 6.4 abgeleiteten Empfehlungen beziehen sich daher ausschließlich auf eine Reduktion des Konsums tierischer Produkte bis zum Niveau der DGE-Ernährungsempfehlungen.

Unter umweltpolitischen Gesichtspunkten sind Synergien und Konflikte z. B. zum Gewässerschutz und Naturschutz zu beachten. Vor dem Hintergrund, dass tierische Produkte nicht nur mit hohen THG-Emissionen, sondern auch verhältnismäßig hohen Flächen-, Stickstoff- und Phosphorbedarfen assoziiert sind (vgl. hierzu Meier und Christen 2012, Meier et al. 2014, Metson et al. 2012, Vanham et al. 2013, Leip et al. 2014), lassen sich generell positive Wirkungen im Bereich des Biodiversitäts- und Gewässerschutzes erwarten. Ein Rückgang der Nachfrage nach grünlandbasierten tierischen Erzeugnissen erschwert allerdings die Grünlanderhaltung, die unter Klimaschutz- und Umweltgesichtspunkten (zumindest auf organischen Böden und für extensiv genutzte Grünlandflächen) im Vergleich zu einer ackerbaulichen Nutzung erstrebenswert ist.

Aus Tierschutzgründen bietet eine Reduktion des Konsums tierischer Produkte Chancen in der Hinsicht, dass Konsumenten mit geringerem Fleischverzehr empirisch beobachtbar zumeist eine höhere Preisbereitschaft für Qualität und auch Tierschutz aufweisen. In seinem Gutachten „Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung“ beschreibt der WBA (2015) Optionen eines gesellschaftlichen Wandels zu einem „weniger, aber besser“ beim Fleischkonsum für den Tierschutz.

Eine Reduktion des Konsums tierischer Erzeugnisse in den Ländern sowie in den Bevölkerungsschichten, von denen Fleisch im Übermaß konsumiert wird, bietet Vorteile für die Ernährung der Weltbevölkerung (WBA 2012). Cordts et al. (2014a) simulieren die Auswirkungen eines Rück-

gangs des Fleischverbrauchs in den Industrieländern auf die weltweiten Agrarmärkte. Zwar würden positive Effekte auf die Welternährung durch Anpassungseffekte gedämpft, es käme gleichwohl zu beachtlichen globalen Preissenkungen von etwa 10,0 % für Fleisch und bis zu 3,1 % für einzelne Getreide und damit tendenziell zu einer verbesserten Versorgungslage in ärmeren Ländern.

In Deutschland entfällt mehr als die Hälfte des Verkaufserlöses der Landwirtschaft auf tierische Erzeugnisse (WBA 2015). Deshalb würde der drastische Rückgang des Konsums von Fleisch in Deutschland um ca. 40 % im Vergleich zu 2006 somit auch gravierende Auswirkungen auf Tierhalter haben und zum Strukturwandel beitragen. Abgepuffert werden könnten diese Effekte, wenn der Rückgang des inländischen Konsums durch eine Zunahme der Exporte kompensiert würde – dann würde es in Deutschland aber nicht zu der o. g. THG-Minderung kommen.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Eine Verringerung des Anteils tierischer Erzeugnisse würde die Ernährungsausgaben tendenziell reduzieren, da die Kosten der Veredelung entfallen (anders Monsivais et al. 2015). Es würden daher keine Vermeidungskosten anfallen, sondern Kosten eingespart werden. In der Land- und Ernährungswirtschaft würden Anpassungskosten auftreten.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Neben einer Schärfung und Überarbeitung von bestehenden Informationskampagnen im Bereich gesundheitsfördernder Ernährung (vgl. etwa die BMEL-Kampagne „IN FORM“) könnten pflanzliche Eiweiße stärker im Fokus von entsprechenden Kommunikationsstrategien stehen. Allerdings ist der Konsum tierischer Erzeugnisse kulturell und sozial verankert. Zudem wird Fleisch (und Milchprodukte) von vielen Konsumenten geschmacklich präferiert – gerade auch von den Konsumenten mit hohem Verzehrsniveau (Cordts et al. 2013). Eine Reduktion des Konsums, insbesondere von Fleischwaren, gerade bei Konsumenten mit hohem Verzehrsniveau ist daher eher langfristig realisierbar. Zudem zeigen Arbeiten, dass die Gruppe der Konsumenten, die viel Fleisch verzehren, tendenziell weniger umweltorientiert ist, sodass davon auszugehen ist, dass Informationskampagnen zur Veränderung des individuellen Verhaltens bei bestimmten Gruppen mit sehr hohem Fleischkonsum wenig Wirkung zeigen werden (Spiller und Nitzko 2015). Es gibt jedoch auch spezifische Zielgruppen mit relativ hohem Konsum tierischer Produkte, die offen für eine Verringerung des Konsumniveaus sind. Studien zeigen, dass in diesem Fall besonders Tierschutzargumente und – abgeschwächt – Gesundheits- und Klimaschutzargumente zu einer Verringerung des Konsums beitragen können (Cordts et al. 2014b).

Für andere Zielgruppen kommt der Veränderung der Gemeinschafts- und hier insbesondere der Kita- und Schulverpflegung eine besondere Rolle zu. Settingansätze, z. B. im Rahmen der Gemeinschaftsverpflegung, spielen eine wichtige ergänzende Rolle, um Konsumveränderungen bei einzelnen Verbrauchern zu erreichen (s. Kap. 4.8.2 und 5.3.5).

Fiskalpolitisch könnte der Staat durch Steuern bzw. eine Aufhebung der Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte diese verteuern und dadurch die Nachfrage nach diesen verringern. Wie oben gezeigt, können sich auch Veränderungen der Nahrungszusammensetzung mindernd auf die ernährungsbezogenen THG-Emissionen auswirken, wenn von Proteinquellen mit starkem Einfluss auf die THG-Bildung (v. a. Rind) auf solche gewechselt wird, bei deren Produktion weniger THG emittiert werden (Schwein, Geflügel, Fisch aus Aquakultur) (Westhoek 2011). Denkbar wäre daher auch eine Besteuerung lediglich derjenigen Proteinquellen mit starkem Einfluss auf die THG-Bildung. Diese würde jedoch im Vergleich zu einer Besteuerung aller tierischen Produkte ein geringeres THG-Einsparungspotenzial aufweisen.

Generell würde eine Besteuerung tierischer Produkte die Möglichkeiten einkommensschwacher Bevölkerungsgruppen (vorwiegend alleinerziehende Frauen und deren Kinder), eine ausgewogene Ernährung (Mischkost) zu finanzieren, weiter erheblich einschränken (Darmon et al. 2016, Kersting et al. 2016, Pfeiffer et al. 2016). Da in den einkommensschwachen Gruppen weitaus mehr Schweine- und Geflügelfleisch verzehrt wird (Statistisches Bundesamt 2008), wäre eine isolierte Steuer auf Rindfleisch und -erzeugnisse weniger kritisch.

Um negative soziale Effekte zu vermeiden, sollte eine fiskalpolitische Verteuerung tierischer Produkte nur in Verbindung mit flankierenden sozialpolitischen Maßnahmen umgesetzt werden. Hinsichtlich fiskalpolitischer Instrumente hat sich der WBA (2012) in seinem Gutachten „Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssicherung“ gegen die Einführung einer Fleischsteuer ausgesprochen, allerdings auch die Frage aufgeworfen, ob die allgemeine Umsatzsteuervergünstigung für Lebensmittel, die zu einer Verbilligung führt, in Deutschland noch zeitgemäß ist.¹⁴² Durch das große Einsparungspotenzial und die ambitionierten Klimaziele wäre ein Lenkungseingriff durch eine Anpassung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte, v. a. solche mit hohen THG-Emissionen, prinzipiell durchaus gerechtfertigt.

Schließlich sind Maßnahmen im Verarbeitungs- und Ernährungsgewerbe denkbar, so etwa die Förderung technologischer Prozessentwicklungen, die Anreize für Reformulierungen von Wurst- und Fleischwaren geben, welche bei vergleichbaren sensorischen Qualitäten zu geringeren THG-Emissionen führen.

¹⁴² „Aus theoretischer Perspektive spricht nichts dagegen, Konsumgüter auf Basis ihres tatsächlichen Ressourcenanspruchs zu besteuern, wenn dieser sich nicht in den Marktpreisen widerspiegelt. Allerdings wäre es unlogisch, dies nur für Fleisch zu tun und nicht ebenso auch für andere ressourcenintensive Güter wie Käse, Baumwollprodukte oder Haustierfutter. Zudem müssten die konkreten Produktionsbedingungen berücksichtigt werden, die den Ressourcenverbrauch beeinflussen können. Der Bewertungsaufwand für eine sachgerechte Besteuerung wäre demnach sehr groß, sodass die praktische Umsetzung zumindest kurzfristig unrealistisch erscheint. Der Beirat gibt allerdings zu bedenken, ob die allgemeine Umsatzsteuervergünstigung für Lebensmittel, die ja genau in die gegenteilige Richtung wirkt, in Deutschland noch zeitgemäß ist. Die Zeiten, in denen die Verbesserung der Ernährung über alle Bevölkerungsschichten hinweg durch die Verbilligung von Lebensmitteln ein wichtiges Ziel war, sind hierzulande glücklicherweise vorbei. Eine einheitliche Umsatzsteuer für alle Güter und Dienstleistungen würde zur Steuervereinfachung und durch Minderung von Preisverzerrungen zumindest ein Stück weit zur effizienteren Ressourcennutzung beitragen.“ (WBA 2012: 10).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Eine Reduzierung des Konsums tierischer Produkte in Deutschland führt – solange der inländische Konsumrückgang nicht vollständig durch zunehmende Exporte tierischer Erzeugnisse kompensiert wird – zu einem Rückgang der inländischen Produktion und damit auch zu einem Rückgang des Einsatzes von Futtermitteln. Daher steht in Deutschland mehr Fläche für eine anderweitige Nutzung zur Verfügung, der Import von Futtermitteln geht zurück und der Export, z. B. von Getreide, steigt. Die dadurch im Ausland hervorgerufenen Landnutzungsänderungen führen dort zu einer Verringerung der THG-Emissionen. Der Rückgang der Futternachfrage erschwert das Ziel der Grünlanderhaltung. Würde nicht mehr zur Futtererzeugung benötigtes Grünland in Acker umgewandelt, würde dies auf diesen Flächen zu vermehrten THG-Emissionen führen. Würde dieses Grünland durch natürliche Sukzession oder Aufforstung vermehrt Kohlenstoff speichern, wäre dies förderlich für den Klimaschutz.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung und Auswirkungen auf die vor- und nachgelagerten Bereiche bzw. andere Sektoren: Die durch einen reduzierten Konsum tierischer Produkte im Rahmen einer Ernährung entsprechend den Empfehlungen der DGE hervorgerufenen Änderungen der landwirtschaftlichen Produktion in Deutschland werden in der THG-Berichterstattung in der Quellgruppe „Landwirtschaft“ erfasst. Wenn die nicht mehr für Futterzwecke benötigten Flächen zur Erzeugung von Bioenergie genutzt oder aufgeforstet werden, werden die durch die Substitution fossiler Energien vermiedenen THG-Emissionen bzw. die Kohlenstofffestlegung in den Quellgruppen „Energie“ bzw. „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)“ erfasst. Sollte Grünland in Acker umgewandelt werden, wird die damit verbundene Verringerung des C-Speichers ebenfalls unter LULUCF berichtet.

Bewertung: Eine Reduzierung des Verzehrs von tierischen Erzeugnissen (insbesondere von Wiederkäuern) wird als wichtige Stellschraube zur Reduktion von THG-Emissionen angesehen. Allerdings sind die Empfehlungen einer bestimmten Ernährungsform Sache der entsprechenden Fachgesellschaften. Die DGE empfiehlt eine Mischkost, die zum größten Teil aus pflanzlichen und zum kleineren Teil aus tierischen Lebensmitteln besteht. Sie bewertet eine ovo-lacto-vegetarische Ernährung als geeignete Dauerkostform für gesunde Personen. Die vegane Ernährung, die die größten THG-Reduktions-Potenziale aufweist, wird von der DGE nicht als Dauerkostform empfohlen, da sie – insbesondere in sensiblen Lebensphasen – zu gesundheitlichen Schäden führen kann. Darüber hinaus scheinen Ansätze vielversprechend, die darauf abzielen, ernährungsbezogene THG-Reduktionen durch eine optimierte Auswahl der zu konsumierenden tierischen Produkte zu erreichen.

Die Auswirkungen auf die THG-Emissionen in Deutschland hängen entscheidend davon ab, in welchem Umfang die Nutztierhaltung in Deutschland zurückgehen würde und wie die in Deutschland freigesetzten Flächen genutzt würden (z. B. Getreideanbau für den Export, Aufforstung/natürliche Sukzession von Grenzertragsstandorten, Bioenergieerzeugung).

5.3.3 Reduzierung von Lebensmittelabfällen

Bezeichnung der Maßnahme: Reduktion vermeidbarer Lebensmittelabfälle in privaten Haushalten und in der Außer-Haus-Versorgung. Hierbei werden Lebensmittelverluste¹⁴³ und Lebensmittelverschwendung¹⁴⁴ als vermeidbare Lebensmittelabfälle zusammengefasst. Zusammen mit den unvermeidbaren Abfällen (wie etwa Bananenschalen, Knochen etc.) bilden sie die gesamten Lebensmittelabfälle.

Beschreibung der Maßnahme: Lebensmittelabfälle entstehen zu einem Großteil in privaten Haushalten und in der Außer-Haus-Versorgung (Großverbraucher); im Handel und bei der industriellen Verarbeitung fallen hingegen weniger Abfälle an (Kranert et al. 2012). Letztlich sind somit die Konsumenten für die Hauptquellen der Abfälle verantwortlich. Das heißt, beim Konsum besteht auch das größte Einsparpotenzial. Bei Vermeidung von Lebensmittelabfällen brauchen weniger Lebensmittel erzeugt werden, und es entstehen daher weniger THG-Emissionen. Die Abfallvermeidung ist im Vergleich zu klassischen Abfallverwertungsoptionen (Verbrennung, Fermentation in Biogasanlagen) auch als wesentlich effektiver im Hinblick auf Klimaschutz einzuschätzen (Iacovidou et al. 2012, Qusted et al. 2013, Schott und Andersson 2015).

Maßnahmenszenario: Die vermeidbaren Emissionen leiten sich aus dem Anteil der *vermeidbaren* Lebensmittelverluste her (s. Kap. 2.4). Allerdings ist die Abschätzung eines realistischen Potenzials derzeit schwierig. Im Folgenden werden daher vier Szenarien angenommen: a) Alle vermeidbaren Lebensmittelverluste werden vermieden. b) Reduzierung der vermeidbaren Lebensmittelabfälle um 75 %. c) Reduzierung der vermeidbaren Lebensmittelabfälle um 50 % (Annahme, die auch in anderen Studien als realistisch eingeschätzt wird (z. B. Bryngelsson et al. 2016)). d) Reduzierung der vermeidbaren Lebensmittelabfälle um 25 % als relativ konservative Annahme. Bei allen Szenarien wird vereinfachend angenommen, dass die Produktion in Deutschland entsprechend zurückgeht. Auf den frei werdenden Flächen treten THG-Emissionen von null auf.

¹⁴³ Lebensmittelverluste (engl. *food losses*) sind Abfälle, die vornehmlich in der Primärproduktion, aber auch im Ernährungsgewerbe, im Handel und beim Verbraucher durch Verderb und Schwund anfallen.

¹⁴⁴ Lebensmittelverschwendung (engl. *food wastage*) sind Abfälle, die vornehmlich im Einzelhandel und beim Verbraucher durch optische Mängel oder fehlinterpretierte Angaben auf dem Produkt (insbesondere Mindesthaltbarkeitsdatum) entstehen.

Referenz des THG-Minderungspotenzials sind die in Deutschland im Jahr 2006 (dem Jahr der Nationalen Verzehrsstudie II) angefallenen vermeidbaren Lebensmittelabfälle (auf Basis der Verlustfaktoren von Kranert et al. 2012).¹⁴⁵

THG-Minderungspotenzial: Hochrechnungen für Deutschland gehen davon aus, dass mit einer vollständigen Vermeidung (Szenario a) vermeidbarer Lebensmittelabfälle in Privathaushalten theoretische THG-Einsparungen in Höhe von 12 Mio. t CO₂-Äq/Jahr realisiert werden könnten (eigene Berechnungen auf Basis von Meier et al. 2014, Meier 2015, WWF Deutschland 2015). Ausgehend von diesen Werten kommt für die anderen Szenarien ein Minderungspotenzial von 9,0 Mio. t CO₂-Äq (Szenario b) bzw. 6,0 Mio. t CO₂-Äq (Szenario c) bzw. 3,0 Mio. t CO₂-Äq (Szenario d) zustande.¹⁴⁶ Obwohl in Bezug auf die Menge der Lebensmittelabfälle die Produktgruppen Backwaren, Obst und Gemüse am stärksten ins Gewicht fallen, dominieren bei den entsprechenden Emissionseinsparungen die vermiedenen Verluste bei Fleisch-/Wurstwaren sowie Milchprodukten, da diese Produkte mit deutlich höheren produktspezifischen THG-Emissionen verbunden sind.

Der Umgang mit Abfällen kann von Haushalt zu Haushalt sehr unterschiedlich sein, was sich stark auf das tatsächliche Vermeidungspotenzial auswirkt. Die vermiedenen Emissionen in den Szenarien entsprechen rund 2 bis 6 % der gesamten ernährungsbedingten Emissionen. Bryngelsson et al. (2016) errechnete vergleichbare anteilige Änderungen, bezogen auf die derzeitigen Abfälle in Schweden.¹⁴⁷

Ein weiterer wichtiger Hinweis zur Einordnung des THG-Minderungspotenzials bezieht sich auf die Wechselwirkungen der THG-Reduktionspotenziale zwischen verschiedenen Maßnahmen. Bryngelsson et al. (2016) betrachten das Einsparpotenzial der Vermeidung von Lebensmittelabfällen auch im Zusammenhang mit anderen Klimaschutzmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion und der Ernährung und kommen zu dem Ergebnis, dass sich durch eine Änderung der Ernährungsgewohnheiten (reduzierter Fleischkonsum) und verbesserte Technologien in der Produkterzeugung das zusätzliche Potenzial der THG-Emissionsminderung durch Vermeidung von

¹⁴⁵ Vermeidbare Lebensmittelabfälle (Definition nach Kranert et al. 2012): umfasst Lebensmittelabfälle, (1) die zum Zeitpunkt ihrer Entsorgung noch uneingeschränkt genießbar sind oder (2) die bei rechtzeitiger Verwendung genießbar gewesen wären. Zudem werden teilweise (fakultativ) vermeidbare Lebensmittelabfälle differenziert. Teilweise vermeidbare Lebensmittelabfälle sind Lebensmittelabfälle, die aufgrund von unterschiedlichen Gewohnheiten von Verbrauchern als teilweise vermeidbar eingestuft werden können (z. B. Brotrinde, Apfelschalen). In dieser Kategorie werden auch Mischungen aus vermeidbaren und nicht vermeidbaren Abfällen erfasst (z. B. Speisereste, Kantinenabfälle). Die Verlustfaktoren resultieren aus den von Kranert et al. (2009) identifizierten Abfallanteilen je Produktkategorie (s. a. Meier 2014a).

¹⁴⁶ Hierbei wird unterstellt, dass sich die prozentualen Anteile mehr oder weniger linear verhalten, Sie sind jedoch stark davon abhängig, welche Abfälle überdurchschnittlich reduziert werden (mehr THG-intensive Produkte wie Fleisch oder weniger THG-intensive wie Kartoffeln, Pasta etc.).

¹⁴⁷ Die Einsparpotenziale nach Bryngelsson et al. (2016) sind etwas größer. Allerdings wurden hier auch vermeidbare Abfälle aus dem Einzelhandel und der Gastronomie einbezogen.

Lebensmittelabfällen halbiert (von 2 bis 6 % auf 1 bis 3 % der ernährungsbedingten Emissionen). Dies ist v. a. auf die oben angesprochenen höheren Emissionen bestimmter tierischer Produkte zurückzuführen.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der Maßnahme: Die durch vermiedene Lebensmittelabfälle reduzierten Emissionen sind dauerhaft eingespart. Allerdings kann sich durch Verhaltensänderungen der Konsumenten im Zeitablauf die Höhe der Lebensmittelabfälle wieder ändern.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Lebensmittelabfälle zu reduzieren bedeutet, einen geringeren Ressourceneinsatz in allen Versorgungs- und Entsorgungsbereichen zu realisieren, sowohl im In- als auch im Ausland. Daher sind positive Wirkungen in allen Bereichen des Natur- und Umweltschutzes zu erwarten. Die unspezifische Maßnahme „Abfallreduzierung“ wurde nicht explizit für den Klimaschutz konzipiert, sondern für den Ressourcenschutz allgemein (Vandermeersch et al. 2014).

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Hierüber liegen keine Informationen vor.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Die politische Umsetzbarkeit der Maßnahme ist relativ hoch, was sich auch an der vom BMEL initiierten Initiative „Zu gut für die Tonne“ (BMEL 2015c) zeigt. In Frankreich wurde kürzlich ein Gesetz zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen verabschiedet (s. Kap. 3.2.11).

Bei konsequenter Umsetzung der Maßnahme reduziert sich die inländische Nachfrage nach Lebensmitteln, was Anpassungen in der Land- und Ernährungswirtschaft erfordert.

Mögliche Politikmaßnahmen und sonstige Initiativen: Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen sollten Maßnahmen passgenau auf die verschiedenen Marktakteure zugeschnitten sein. Für die Ableitung möglicher Politikmaßnahmen werden daher im Folgenden kurz die vielfältigen Gründe (Evans 2011, van Corné und Mensink 2014, Neff et al. 2015) für das Zustandekommen der Abfälle sowie die Wahrnehmung aus Konsumentensicht diskutiert.

Im Lebensmitteleinzelhandel entstehen Abfälle aufgrund der Erwartung der Konsumenten, dass das volle Sortiment jederzeit verfügbar ist. Im Haushalt entstehen Abfälle, weil oftmals wöchentliche Einkäufe getätigt werden und dadurch mitunter zu viel gekauft wird.¹⁴⁸ Eine wichtige Ursache dieser Phänomene ist das sich ändernde Verhältnis der Lebensmittelpreise (real billiger werdend) zu den Opportunitätskosten der Zeit (mit Wohlstandsniveau steigend). Die Wegwerfproblematik wird weiter dadurch verschärft, dass vielen Verbrauchern nicht bewusst ist, dass es sich beim Mindesthaltbarkeitsdatum nicht um ein Verfallsdatum handelt (Newsome et al. 2014). Es

¹⁴⁸ Allerdings können wöchentliche Einkaufsfahrten im Vergleich zu täglichen Einkaufsfahrten zu geringeren THG-Emissionen führen.

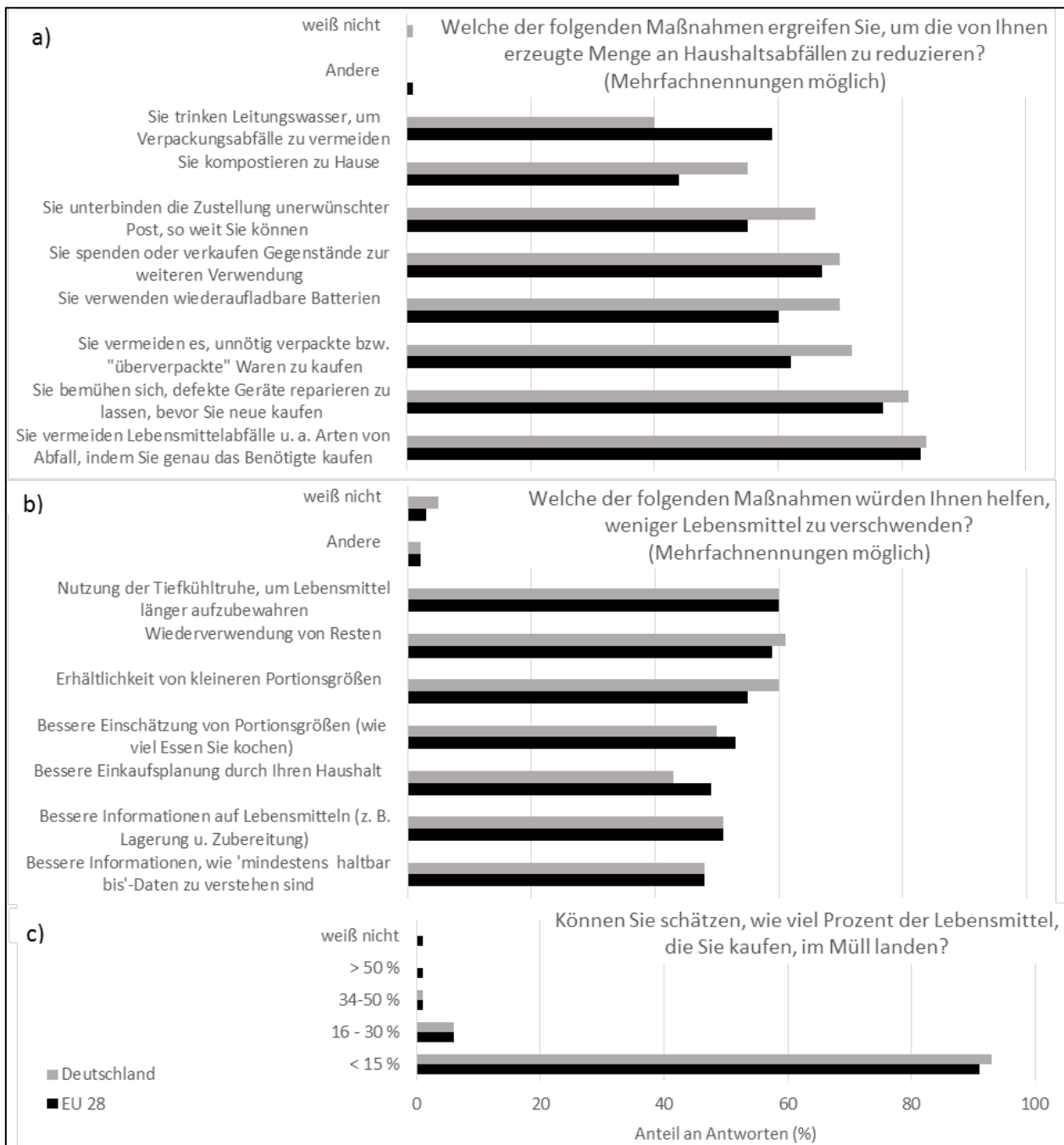
besteht somit ein Wissensdefizit und entsprechender Informationsbedarf. Die geänderten Preisverhältnisse sprechen aber im Prinzip auch für die Anwendung fiskalpolitischer Instrumente (s. Kap. 4.2.3).

Verschiedene Umfragen deuten darauf hin, dass die Relevanz der Reduzierung von Lebensmittelabfällen großen Teilen der Bevölkerung durchaus bewusst ist. So war in einer Eurobarometerumfrage die Vermeidung von Lebensmittelabfällen (sowie anderer Abfälle) durch eine entsprechende Einkaufsplanung die meistgenannte Maßnahme zur Reduzierung von Haushaltsabfällen im Allgemeinen (s. Abb. 5.5a, Flash Eurobarometer 2014). Ebenfalls ein sehr hoher Anteil der Befragten gab an, dass sie 15 % oder weniger der in ihrem Haushalt anfallenden Lebensmittel wegwerfen (s. Abb. 5.5c). In einer Umfrage des BMELV im Jahre 2011 mit einer repräsentativen Stichprobe von 1.001 Personen teilten 35 % mit, zumindest einmal in der Woche bis hin zu täglich Lebensmittel wegzuwerfen (BMELV 2011b, siehe auch TNS-Emnid 2014). Hier ist aber sicherlich nicht auszuschließen, dass das eigene Verhalten zu optimistisch eingeschätzt wird.¹⁴⁹

In der genannten Eurobarometerumfrage (Flash Eurobarometer 2014) wurde neben der Aufbewahrung die Verwendung von Lebensmittelresten und die Portionsgröße (Planung, Abschätzung, Verfügbarkeit) von der Mehrheit der Befragten als hilfreiche Option zur Lebensmittelabfallvermeidung bewertet (s. Abb. 5.5b). Auch Informationen über die Haltbarkeit der Lebensmittel wurden häufig als hilfreiche Strategie zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen genannt (s. dazu auch Newsome et al. 2014 sowie van Corné und Mensink 2014). Weiterhin wird deutlich, dass die Gründe für das Wegwerfen der Lebensmittel oftmals zusammenhängen bzw. nicht trennscharf sind. In der Umfrage des BMEL (BMELV 2011b) gab die überwiegende Mehrheit (84 %) an, dass sie am häufigsten Lebensmittel wegwerfen, weil diese verdorben sind oder das Haltbarkeitsdatum abgelaufen ist. 28 % gaben als Grund an, dass sie zu viel gekauft haben, die Packung zu groß war (19 %) oder weil sie nicht schmeckten (16 %). Auch das Netherlands Nutrition Center (van Corné und Mensink 2014) hat verschiedene Gründe für verschiedene Lebensmittelkategorien zusammengestellt, die dazu führen, dass Lebensmittel weggeworfen werden. Hier zeigt sich, dass fast die Hälfte der Verbraucher (47 %) zu viel zubereitet und Reste nicht weiterverarbeitet (39 %).

¹⁴⁹ So waren beispielsweise in einer repräsentativen US-amerikanischen Befragung 73 % der Befragten der Meinung, dass sie weniger Lebensmittel wegwerfen als der durchschnittliche US-Bürger (Neff et al. 2015). Da fast drei Viertel der Bevölkerung nicht unterdurchschnittlich wenig Lebensmittel wegwerfen können, liegt hier ein ‚optimistic bias‘ in der Einschätzung vor (siehe auch Weinstein 1980).

Abbildung 5.5: Ausgewählte Ergebnisse einer Eurobarometerumfrage zum Thema Abfallmanagement und Ressourcennutzung (n = 26.595)

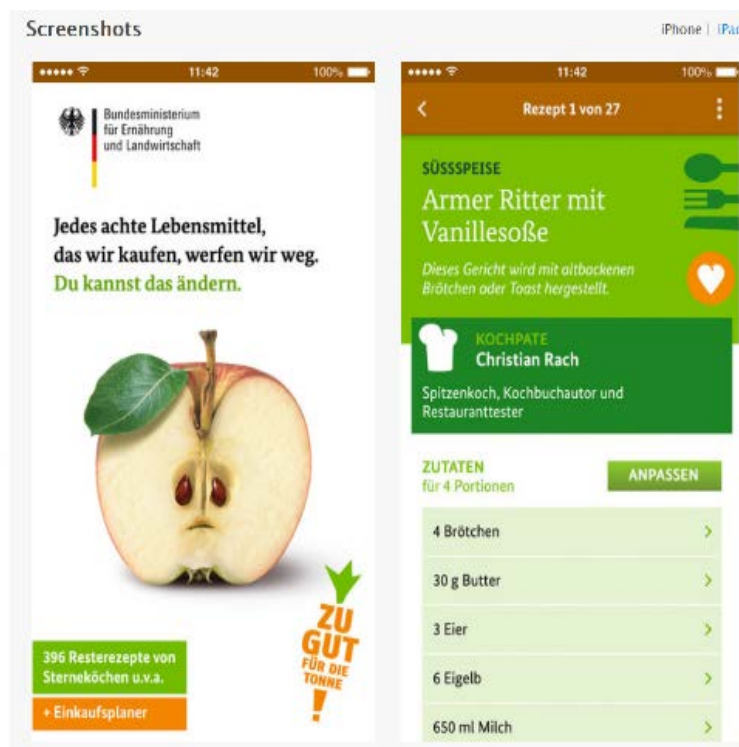


Quelle: Flash Eurobarometer (2014).

Für den Bereich der Haushalte haben vergleichende Untersuchungen in Italien und in Deutschland gezeigt (Jörissen et al. 2015), dass mit relativ einfachen Maßnahmen im Bereich der Küchenplanung (Verwendung von Einkaufszetteln) und durch Sensibilisierung wesentliche Abfallreduktionen erzielt werden konnten. Aus diesem Grund sollten bestehende Aufklärungskampagnen weiter forciert, regelmäßig evaluiert und ggf. angepasst werden. Ein Beispiel ist die Kampagne „Zu

gut für die Tonne“ (BMEL 2015c). Diese setzt u. a. an der Verwertung von Lebensmittelresten an. Anhand eines internet-basierten Informationsportals sowie einer kostenlosen App sollen die Verbraucher auf das Problem der Lebensmittelverschwendung aufmerksam gemacht werden, und es werden ihnen konkrete verhaltensbasierte Maßnahmen vorgestellt. Neben Informationen zur Lebensmittellagerung bietet die App Rezeptvorschläge für Lebensmittelreste an. Zur Wirksamkeit dieser Interventionen liegen bisher keine Ergebnisse vor. Nach Angaben der Projektkoordination wurde die App aber bereits 580.000 mal heruntergeladen (magazin-restkultur, 2014). Aus psychologischer Perspektive ist die Verhaltensnähe dieser beispielhaft genannten Maßnahmen sehr positiv zu bewerten. Da aber Lebensmittelreste häufig ein negatives Image haben und mit Abfall sowie Risiko assoziiert werden (wie in Abb. 5.6 illustriert), wäre jedoch möglicherweise ein positiver Ansatz (positive *Images* und Assoziationen wie z. B. Schmackhaftigkeit, soziale Anerkennung) effektiver.

Abbildung 5.6: BMEL-App „Zu gut für die Tonne!“



Quelle: BMEL (2015c).

An Haushalte wenden sich auch die sog. „Kochboxen“ (vgl. etwa Hello Fresh 2016, home eat home 2016, Kochhaus 2016, Kochzauber 2016, Marley Spoon 2016). Hier wird den Konsumenten ein Rezept zusammen mit der für dieses Rezept benötigten Menge an Lebensmitteln ins Haus geliefert bzw. in einer Abholstation bereitgestellt. Der Kunde kann dadurch aufs Einkaufen verzichten und eine Mahlzeit selbst zubereiten, bei der – sofern die gelieferte Portionsmenge passt – in seinem Haushalt keine Lebensmittelreste übrig bleiben. Wie sich die transportbedingten THG-Emissionen des Lieferservices im Vergleich zum eigenen Einkauf verhalten, hängt vom Einzelfall

ab. Insbesondere wenn beim eigenen Einkauf für mehr als eine Mahlzeit eingekauft wird, ist zu vermuten, dass die „Kochboxen“ nicht zu einer THG-Einsparung beitragen. Abgesehen davon, dass unklar ist, ob die Nutzung von Kochboxen tatsächlich direkt zur Emissionsvermeidung beiträgt, ist davon auszugehen, dass dieses Angebot nur eine relativ kleine Zielgruppe erreicht. Für diese kann die Nutzung von Kochboxen allerdings eine niederschwellige – weil bequeme – Möglichkeit darstellen, eine Mahlzeit selbst zu kochen. Langfristig könnte dies zum Erwerb von Kompetenzen im Umgang mit Lebensmitteln sowie zu einer höheren Wertschätzung und damit eventuell auch zu einer indirekten Vermeidung von Lebensmittelabfällen beitragen.

Beim Außerhausmarkt sollte für öffentliche Ausschreibungen von Cateringaufträgen der Nachweis eines zertifizierten Abfallmanagementsystems obligatorisch sein (s. a. Kap. 5.3.5).

Die Politik sollte Runde Tische (innerhalb der Branchenverbände sowie an der Schnittstelle zu Verbraucherverbänden) etablieren, um kontextspezifisch Abfallvermeidungspotenziale zu identifizieren, für diese zu sensibilisieren und damit die Implementation entsprechender Reduktionsstrategien zu befördern. Fiskalische und ordnungsrechtliche Ansätze kommen im Bereich der Abfallvermeidung nur indirekt zum Tragen (z. B. Ökologische Steuerreform, Kreislaufwirtschaftsgesetz) (JRC 2015).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Eine Reduzierung von Lebensmittelabfällen in Deutschland reduziert die für die Produktion dieser Lebensmittel ansonsten notwendige Fläche (innerhalb oder außerhalb Deutschlands) und induziert in der Regel aus Klimasicht positive Landnutzungsänderungen.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung und Auswirkungen auf die vor- und nachgelagerten Bereiche bzw. andere Sektoren: Die durch die Reduzierung von Lebensmittelabfällen hervorgerufenen Änderungen der landwirtschaftlichen Produktion in Deutschland werden in der THG-Berichterstattung in der Quellgruppe „Landwirtschaft“ erfasst. Wenn die freigewordenen landwirtschaftlichen Flächen zur Erzeugung von Bioenergie genutzt oder aufgeforstet werden, werden die durch die Substitution fossiler Energien vermiedenen THG-Emissionen bzw. die Kohlenstofffestlegung in den Quellgruppen „Energie“ bzw. „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)“ erfasst.

Bewertung: Verbraucherseitige Veränderungen versprechen große Minderungspotenziale. Allerdings ist unsicher, in welchem Umfang diese Potenziale realisiert werden können und es muss beachtet werden, dass sich die THG-Einsparpotenziale dieser Maßnahme bei verringertem Gesamtkonsum von Lebensmitteln tierischer Herkunft stark reduzieren. Ein wichtiges Instrument sind entsprechende Informationsmaßnahmen. Diese sollten in regelmäßigen Abständen evaluiert und ggf. angepasst werden. Abfallreduktionen, die durch technischen Fortschritt im Produktions- und Verarbeitungsbereich realisiert werden, spielen eine untergeordnete Rolle. Die Umsetzung technischen Fortschritts wird vornehmlich von ökonomischen Abwägungen innerhalb der Wirtschaftsunternehmen getrieben, bei der die Entsorgungskosten von Abfällen mit berücksichtigt

werden. Öffentlich finanzierte Förderprogramme können technologische Weiterentwicklungen im Bereich der Inwertsetzung von Abfallströmen beschleunigen.¹⁵⁰

5.3.4 Reduzierung des Konsums von Wasser aus Flaschen

Bezeichnung der Maßnahme: Substitution des Konsums von Mineralwasser durch Leitungswasser

Beschreibung der Maßnahme: Der Mensch besteht zu rund 60 % aus Wasser und sollte als Erwachsener täglich ca. 2,6 l Wasser aufnehmen, um die täglichen Verluste auszugleichen. Die Aufnahme an Wasser erfolgt sowohl über die Lebensmittel (im Durchschnitt 0,9 l) und das Oxidationswasser, das beim Abbau der Nährstoffe im Stoffwechsel entsteht (im Durchschnitt 0,3 l) als auch über Getränke im Umfang von ca. 1,4 l. Die Nationale Verzehrstudie II hat gezeigt, dass die aufgenommenen Flüssigkeitsmengen im Durchschnitt der erwachsenen Bevölkerung ausreichend sind (s. Tab. 5.9) (MRI 2008). Defizite gibt es dagegen bei Kindern und älteren Menschen.

Tabelle 5.9: Durchschnittlicher Konsum an alkoholfreien Getränken bei Erwachsenen (in g/Tag)

Getränk	Männer	Frauen
Insgesamt	2.351	2.285
davon Wasser	1.110	1.119
Kaffee und Tee (grün/schwarz)	571	506
Kräuter- und Früchtetee	149	318
Obstsäfte/Nektare	270	232
Gemüsesäfte	4	4
Limonaden	224	88
Fruchtsaftgetränke	15	13
Sonstiges (alkoholfreies Bier)	8	4

Quelle: MRI (2008: 53).

Bezogen auf das Konsumverhalten ist interessant, dass der Verbrauch an Mineral- und Heilwässern seit 1970 stark angestiegen ist (Verband Deutscher Mineralbrunnen o. J.). Mineral- und Heilwässer liegen beim Absatz mit 144 l/Kopf und Jahr inzwischen auf Platz 2 hinter Kaffee mit 162 l/Kopf

¹⁵⁰ Als Beispiel sei hier das Waste2Value-Kooperationsprojekt genannt, welches die Ströme der Reststoffe der Forst- und Landwirtschaft, der Lebensmittelbranche sowie der Holzindustrie verbessern will, um daraus Spezial- und Basischemikalien zu gewinnen (IBB 2016).

und Jahr und noch vor Bier mit 107 l/Kopf und Jahr. Dabei kann der Konsument zwischen rund 500 verschiedenen Mineralwässern und 35 Heilwässern wählen.

Ein weit verbreitetes Argument für den Konsum von Mineralwasser ist neben dem Geschmack sein hoher Mineralstoffgehalt. Allerdings wird der Mineralstoffbedarf überwiegend über Lebensmittel gedeckt: bei Calcium in erster Linie über Milch und Milchprodukte, Hülsenfrüchte und einige Gemüsesorten, bei Magnesium über Gemüse und Getreideprodukte. Der Mineralstoffgehalt der Mineralwässer spielt dagegen für die Versorgung lediglich eine untergeordnete Rolle. Ohnehin enthalten nur entsprechend ausgewiesene Mineralwässer mit der Bezeichnung „calciumhaltig“ bei mehr als 150 mg/l und „magnesiumhaltig“ bei mehr als 50 mg/l nennenswerte Mengen an Calcium und Magnesium (Die empfohlene Zufuhr für einen Erwachsenen beträgt bei Calcium 1.000 mg/Tag, bei Magnesium 350 mg/Tag). In den letzten Tests der Stiftung Warentest waren – entgegen der landläufigen Meinung – rund zwei Drittel der Mineralwässer mineralstoffarm (Stiftung Warentest o. J.).

Leitungswasser stammt zu 64 % aus Grundwasser, der Rest ist Oberflächenwasser aus Seen oder Talsperren. Leitungswasser wird streng kontrolliert und unterliegt der Trinkwasserverordnung.¹⁵¹ Der Mineralstoffgehalt ist von Region zu Region unterschiedlich. Trinkwasser ist in allen Regionen Deutschlands natriumarm.

Ein Vergleich der Ökobilanz von Trinkwasser mit der des Mineralwassers aus Flaschen muss den jeweiligen Lebenszyklus berücksichtigen. In verschiedenen Studien wurde dabei versucht, die Lebenszyklen des Wassers beider Ursprungsquellen vollständig mit einzubeziehen (Lieback und Schumacher 2010).

Durchschnittlich stehen 0,35 g CO₂-Äq/l Leitungswasser ca. 210 g CO₂-Äq/l Mineralwasser gegenüber. Leitungswasser wird nach der Förderung zum Verbraucher gepumpt, wodurch sich die CO₂-Äq/l kaum erhöhen (< 0,02 CO₂-Äq/l). Wird das Wasser mit Kohlensäure versetzt und unter Kühlung aufbewahrt, so entstehen weitere Emissionen, die allerdings deutlich unter dem der Mineralwässer liegen (IFEU 2008b, Gebhardt 2009). Auch die Verpackung hat großen Einfluss auf den *Carbon Footprint* von Mineralwasser (Lieback und Schumacher 2010).

Eine schweizerische Studie hat weitere Getränke in die Betrachtung einbezogen. Auch diese zeigt, dass Leitungswasser von allen Getränken die geringsten produktspezifischen THG-Emissionen aufweist, während die entsprechenden Emissionen von Mineralwasser in derselben Größenordnung liegen wie die von Kaffee und Obstsaften (ca. 400 bis 600 g CO₂-Äq/kg; Jungbluth et al. 2014). Deutlich höhere Emissionen haben nach dieser Studie nur noch Bier (ca. doppelt so hoch), Milch (ca. dreifacher Wert) und v. a. Wein (ca. vierfacher Wert).

¹⁵¹ Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung) von 2001, zuletzt geändert am 7. August 2013

Maßnahmenszenario: Der gesamte Mineralwasserverbrauch wird durch Leitungswasser ersetzt (a). Ergänzend wird ein teilweiser Ersatz angenommen: (b) 75 %, (c) 50 %, (d) 25 %.

THG-Minderungspotenzial: Bei einem Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland von 143,5 l/Jahr und einer Einwohnerzahl von etwas mehr als 81 Mio. ergibt sich ein Mineralwasserverbrauch von 11,6 Mrd. l/Jahr. Bei um 210 g CO₂-Äq pro Liter geringeren THG-Emissionen von Leitungswasser im Vergleich zu Mineralwasser liegt das THG-Minderungspotenzial größenordnungsmäßig bei 2,4 Mio. t CO₂-Äq/Jahr (a). In den Varianten liegt das Minderungspotenzial bei (b) 1,8 Mio. t CO₂-Äq/Jahr, (c) 1,2 Mio. t CO₂-Äq/Jahr und (d) 0,6 Mio. t CO₂-Äq/Jahr.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die einmal vermiedenen Emissionen sind dauerhaft vermieden. Trinken die Konsumenten statt Leitungswasser wieder Mineralwasser, tritt keine weitere THG-Minderung auf.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Da Leitungswasser im Gegensatz zu Mineralwasser nicht abgefüllt und mit Verkehrsmitteln transportiert wird, führt die Substitution von Mineralwasser zu einer geringeren Belastung der Luft mit Schadstoffen und Staub, einem geringeren Energieverbrauch und sinkendem Verkehrslärm. Es treten also Synergien mit anderen Umweltzielen auf. Außerdem haben die Verbraucher geringere Ausgaben für Getränke (Einsparung von ca. 40 bis 180 €/Jahr/Person).¹⁵² Den verminderten Verbraucherausgaben stehen entsprechende Umsatzrückgänge beim Handel und den Mineralwasserherstellern gegenüber. Der Umsatz für Mineral- und Heilwasser einschl. Mineralbrunnenmischgetränke¹⁵³ wird für 2014 vom Verband der Mineralbrunnen (o. J.) mit 3,3 Mrd. € beziffert.

Kostenwirksamkeit, Minderungsleistung in Tonne CO₂-Äq je Euro: Die Verbraucher sparen Kosten ein. Es treten daher keine Vermeidungskosten, sondern Vermeidungsersparnisse auf. In dem Maße, in dem die Verbraucher Kosten einsparen, verliert der Handel an Umsatz.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Von Mineralwasser auf Leitungswasser umzusteigen erfordert ein bestimmtes Verbraucherverhalten. Dies kann nur bedingt beeinflusst werden. Ein Anreiz zum vermehrten Trinken von Leitungswasser könnte in der Kostenersparnis liegen. Über Informationskampagnen könnte dies dem Verbraucher bewusst gemacht werden. So kostet ein Liter Leitungswasser gerade einmal im Durchschnitt 0,2 Cent (Statistisches Bundesamt 2014a) verglichen mit 0,30 bis 1,30 €/Liter Mineralwasser (Stiftung Warentest o. J.).

¹⁵² Annahme: Preis für Mineralwasser zwischen 0,30 €/l und 1,30 €/l (Stiftung Warentest o. J.).

¹⁵³ Von dem Absatz der Mineralbrunnenbranche für 2014 von 14,2 Mrd. l entfielen laut Verband Deutscher Mineralbrunnen (o. J.) 3,4 Mrd. l auf Mineralbrunnenmischgetränke.

Weiter sollten die Kampagnen die genannten Synergieeffekte aufgreifen und ein Gegenbild zu der teilweise stark an Emotionen orientierten Mineralwasserwerbung entwickeln.

Im Bereich der Gemeinschaftsverpflegung ist in allen Lebenswelten das Aufstellen von Trinkbrunnen (leitungsgebundene Wasserspender) eine deutlich geeignetere Maßnahme als der Verkauf von Wasserflaschen. In Schulen und Kindertageseinrichtungen könnte eine solche Anlage von den zuständigen Bauämtern grundsätzlich mit eingeplant werden (s. a. Kap. 5.3.5).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: nicht relevant

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung und Auswirkungen auf die vor- und nachgelagerten Bereiche bzw. andere Sektoren: Der Wegfall der beim Mineralwassertransport entstehenden THG-Emissionen reduziert die Emissionen der Quellgruppe Energie in der THG-Berichterstattung.

Bewertung der Maßnahme: Der Verbraucher spart bei Realisierung der Maßnahme Kosten und Zeit (Wegfall des Einkaufens), und er braucht das Wasser nicht in seine Wohnung zu tragen. Ein vollständiger Ersatz des Konsums von Mineralwasser aus Flaschen durch Leitungswasser ist unrealistisch. Ein wichtiges Instrument sind auch in diesem Zusammenhang entsprechende Informationsmaßnahmen.

5.3.5 Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards in der Gemeinschaftsverpflegung

Bezeichnung der Maßnahme: Verringerung des Konsums tierischer Erzeugnisse unter Berücksichtigung ernährungswissenschaftlicher Empfehlungen, Angebot von Leitungswasser, Abfallvermeidung

Beschreibung der Maßnahme: Durch die Steuerung des Angebots in der Gemeinschaftsverpflegung lässt sich der Fleischverzehr reduzieren und der Verzehr an Obst, Gemüse und Getreideprodukten bzw. Hülsenfrüchten steigern. Gleichzeitig lassen sich durch geeignete Maßnahmen in der Produktion (Festlegung von Portionsgrößen, *Just-in-time*-Produktion, chargenweise Ausgabe) Lebensmittelabfälle reduzieren. Darüber hinaus bietet sich die Installation von leitungsgebundenen Trinkwasserspender an. Bei diesen Modellen kann das Wasser auch gekühlt und mit CO₂ versetzt werden.

Das Angebot entscheidet auch maßgeblich über die Beschaffung von Lebensmitteln. Öffentlichen Ausschreibungen käme hier insoweit eine Bedeutung zu, als sie Anforderungen an die Verpackungen oder auch Anteile an regionalen und ökologischen Produkten bzw. die Art der Convenience-Produkte wie die Bevorzugung von Tiefkühlwaren vorschreiben können.

Im Rahmen von „IN FORM – Deutschlands Initiative für gesunde Ernährung und mehr Bewegung“ (BMELV und BMG 2008) wurden durch die DGE Qualitätsstandards für die Verpflegung in unterschiedlichen Settings entwickelt. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass die Steuerung der Qualität der Verpflegung hin zu einem ernährungsphysiologisch ausgewogenen Angebot eine hervorragende Maßnahme im Kontext der Verhältnisprävention¹⁵⁴ darstellt. Insbesondere in Kindertageseinrichtungen und Schulen können auf diese Weise die richtigen Weichen gestellt und ein gesundheitsförderlicher Lebensstil eingeübt werden, der bis ins hohe Alter trägt.

In der Zwischenzeit wurden Qualitätsstandards für die Verpflegung in Kindertageseinrichtungen, Schulen, Betrieben, stationären Senioreneinrichtungen, bei Essen auf Rädern, in Krankenhäuser und Reha-Kliniken entwickelt (DGE 2014). Qualitätsstandards dienen der Steuerung des Angebots. Sie stellen sicher, dass für den Einzelnen die Möglichkeit besteht, ein gesundheitsförderliches Angebot wahrzunehmen.

Hinsichtlich der Lebensmittelqualitäten und der Häufigkeiten je Woche bzw. innerhalb von 20 Verpflegungstagen wurden alle Standards harmonisiert. Ein wesentlicher Aspekt dieser Harmonisierung ist die Begrenzung des Fleischangebots auf maximal zwei bzw. bei einer Sieben-Tage-Woche auf max. drei Tage je Woche. Damit wird in allen Lebenswelten ein Speisenangebot empfohlen, das Gemüse, Salate, Obst und Getreideprodukte in den Mittelpunkt rückt, um so die Versorgung mit Ballaststoffen, Vitaminen, Mineralstoffen und sekundären Pflanzenstoffen sicherzustellen. Gleichzeitig basiert die Häufigkeit der Lebensmittelgruppen auf den D-A-CH-Referenzwerten.¹⁵⁵ Hieraus ergibt sich auch die Festlegung wünschenswerter Portionsgrößen für die unterschiedlichen Speisenkomponenten. Die primär zur Gesunderhaltung und -förderung entwickelten Standards haben auch Auswirkungen auf die ökologische Bilanz, insbesondere auf die Treibhausgasemissionen, da das Angebot deutlich auf die Bevorzugung pflanzlicher Lebensmittel und eine Einschränkung tierischer Lebensmittel hinausläuft.

In den o. g. Qualitätsstandards für die Verpflegung findet sich darüber hinaus ein Kapitel „Nachhaltigkeit“. In diesem wird – ohne Nennung des Umfangs bzw. der Größenordnung – der Einsatz von regionalen, saisonalen und ökologisch erzeugten Produkten empfohlen (s. Kap. 5.3.8, 5.3.9, 5.3.11). Ferner erfolgt ein Hinweis auf die Bevorzugung gering verarbeiteter Produkte, umweltverträglicher Verpackungen und des fairen Handels. Klimarelevant sind v. a. die Empfehlungen, energetisch optimierte Großküchengeräte einzusetzen, die Stand- und Warmhaltezeiten im Ablauf zu vermeiden, sowie Lebensmittelabfälle zu vermeiden und unvermeidbare Abfälle zur Energiegewinnung oder zu einer anderen Weiterverwendung bereitzustellen.

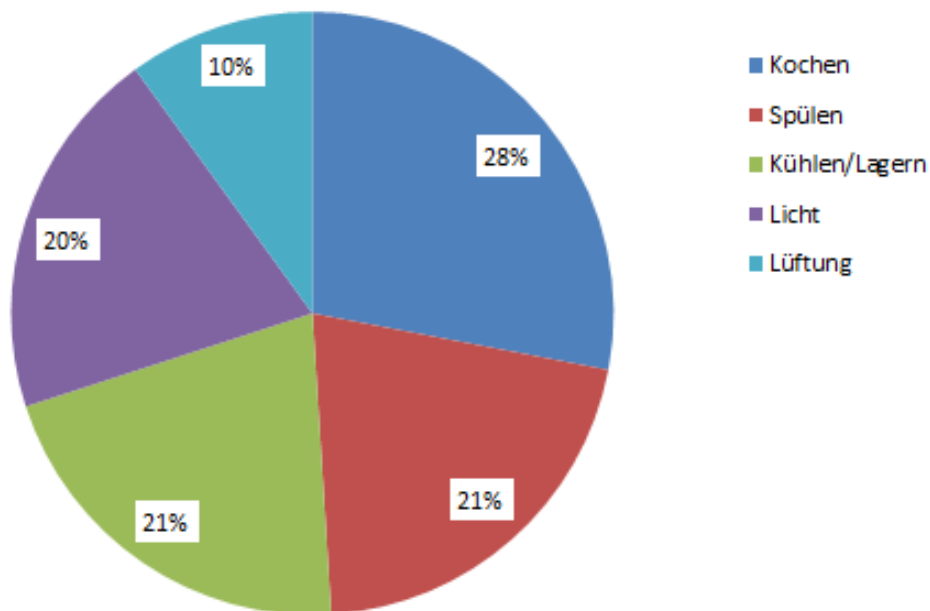
¹⁵⁴ „Verhaltensprävention zielt darauf ab, das gesundheitsbezogene Verhalten des Individuums zu verbessern. Bei der Verhältnisprävention geht es um soziopolitische und auch organisatorisch-technische Maßnahmen zum Erhalt der Gesundheit in spezifischen Milieus oder ‚Verhältnissen‘“ (BMBF 2015).

¹⁵⁵ Diese werden von den ernährungswissenschaftlichen Fachgesellschaften Deutschlands (D), Österreichs (A) und der Schweiz (CH) gemeinsam herausgegeben.

Obwohl das Speisenangebot in Betriebsrestaurants, Kantinen und Mensen täglich millionenfach nachgefragt wird, gibt es nur wenige Studien, die sich direkt auf den *Carbon Footprint* beziehen. In ihnen wird im Regelfall ein Vergleich von Mahlzeiten mit und ohne Fleisch gezogen. In Abbildung 5.7 ist beispielhaft die Verteilung des Energieverbrauchs einer Großküche angegeben.

Unklar ist, inwieweit die gefundenen Werte auf andere Großküchen übertragbar sind, da in diese Parameter nicht nur die jeweilige gerätetechnische Ausstattung und der jeweilige Energieträger, sondern auch rezepturabhängige und verhaltensspezifische Faktoren einfließen. So macht es z. B. einen Unterschied, ob die Belüftung erst dann aktiviert wird, wenn die Raumtemperatur in der Großküche eine bestimmte Temperatur erreicht hat, oder ob diese bereits mit Beginn der Arbeit in der Großküche in Gang gesetzt wird. Aus diesem Grunde schwanken die Angaben zu den Energieverbräuchen je Mahlzeit z. T. erheblich.

Abbildung 5.7: Verteilung des Energieverbrauchs einer Großküche



Quelle: Argebau (2002).

Wird elektrischer Strom als Energie zugrunde gelegt, so zeigt sich eine starke Abhängigkeit von der Anzahl der produzierten Portionen (Argebau 2002). Nach diesen Zahlen liegen sie bei 200 Verpflegungsteilnehmern in Kantinen (nur Mittagessen) bei 0,70 kWh je warmer Mahlzeit und bei 0,75 kWh in Heimen (Vollverpflegung), bei 1.000 Gästen bei 0,40 kWh in Kantinen und 0,65 kWh je warmer Mahlzeit in Heimen (Göbel et al. 2014: 62 f.). Die Stadt Frankfurt ermittelte dagegen bei ihren Schulmensen Energieverbräuche von 0,9 kWh je warmer Mahlzeit bis zu 5,0 kWh (Hochbauamt Stadt Frankfurt 2015).

Einfluss auf die Energieverbräuche hat aber auch die Wahl des jeweiligen Verpflegungssystems. So ergibt sich bei der Mischküche eine andere Zusammensetzung als z. B. beim Verpflegungssystem *Cook & Chill*, bei der die Mahlzeiten in einer Großküche vorgegart, danach sofort schnell heruntergekühlt und kalt ausgeliefert werden. Darüber hinaus gibt es Unterschiede je nachdem, ob die Gargeräte beispielsweise über Gas beheizt oder ein Teil von ihnen mit Direkt Dampf betrieben werden (Schwarz et al. 2010).

Der HKI Industrieverband Haus-, Heiz und Küchentechnik bietet seit 2012 eine Datenbank an, die einen Vergleich der Energieverbräuche unterschiedlicher Großküchengeräte erlaubt. Die Angaben basieren auf den Informationen der Gerätehersteller und werden von unabhängigen Prüflaboren überprüft. Die Angaben bilden eine wichtige Orientierungsgröße bei der Beschaffung, da eine Einteilung nach Energieeffizienz wie bei Haushaltsgeräten üblich für Großküchengeräte nicht vorhanden ist (HKI CERT 2016). Unabhängig davon spielt auch in diesem Kontext das Verhalten der Mitarbeiter eine entscheidende Rolle. So hat z. B. sowohl die Wahl des Gargerätes als auch seine Auslastung einen entsprechenden Einfluss auf die Menge der THG-Emissionen.

In jüngster Zeit sind auch die Lebensmittelabfälle in der Gemeinschaftsverpflegung untersucht worden. Auch hier ergab sich von Küche zu Küche ein sehr unterschiedliches Bild. Im Mittel ergaben sich Größenordnungen von ca. 19 % der eingesetzten Produktionsmengen, wobei die Ausgabeverluste mit 30 % und Tellerreste mit 25 % den höchsten Anteil ausmachen (Göbel et al. 2014: 31).

Leuenberger et al. (2010) verglichen in einer Studie in der Schweiz zehn Fleischspeisen und fünf vegetarische Speisen miteinander, wobei Energieverbräuche für die Kühlung, Lagerhaltung und Kleinmaterial in der Küche außerhalb der Betrachtung blieben. Verbräuche für die Zubereitung selbst wurden allerdings grob mit eingeschätzt. In der Summe verursachten fleischhaltige Speisen 3 kg CO₂-Äq/Mahlzeit, während dieser Wert bei vegetarischen Gerichten nur bei 0,9 kg CO₂-Äq/Mahlzeit lag. Speisen mit Rindfleisch verursachten größere Emissionen, sie lagen bei 4 kg CO₂-Äq/Mahlzeit; Speisen mit Schweinefleisch geringere Emissionen mit 1,5-2 kg CO₂-Äq/Mahlzeit (Leuenberger et al. 2010).

Für deutsche Cateringbetriebe ermittelte Meier (2014b) ähnliche Ergebnisse. In dieser Studie wurden in Zusammenarbeit mit acht Cateringbetrieben aus den Bereichen der Hochschul-, Schul- und Kitagastronomie 950 Rezepturen ausgewertet. Neben gesundheitlichen und wirtschaftlichen Kriterien wurde auch der *Carbon Footprint* der Speisen berechnet. In der Hochschulgastronomie variierte dieser bei Rindfleischgerichten zwischen 3,1 bis 4,5 kg CO₂-Äq/Mahlzeit, bei Schweinefleischgerichten zwischen 1,4 bis 1,8 kg CO₂-Äq/Mahlzeit, bei Geflügelfleischgerichten zwischen 1,3 bis 1,5 kg CO₂-Äq/Mahlzeit, bei Gerichten mit Fisch zwischen 1,0 bis 1,4 kg CO₂-Äq/Mahlzeit, bei ovo-lakto-vegetarischen Gerichten zwischen 1,1 bis 1,3 kg CO₂-Äq/Mahlzeit und bei veganen Gerichten zwischen 0,7 bis ,0 kg CO₂-Äq/Mahlzeit. Am Beispiel einer mittelgroßen Hochschulmensa mit einer durchschnittlichen Tagesproduktion von 3.000 Essen konnte gezeigt werden, dass mit einer Menüoptimierung nach den DGE-Qualitätsstandards ca. 280 t CO₂-

Äq/Jahr eingespart werden konnten. Hinzu kamen weitere Einsparungen von 75 t CO₂-Äq durch ein optimiertes Abfallmanagement.

Das Hessische Umwelt- und Klimaschutzministerium hat im Rahmen des Projekts CO₂OK für sieben Großküchen eine Klimabilanz erstellen lassen. Untersucht wurde, wie sich die Herkunft der Lebensmittel, die Art des Anbaus, der Verarbeitungsgrad, die Fleischanteile und die Art der Stromversorgung auswirken. Obwohl der Anteil von Fleisch am gesamten Wareneinsatz nur bei 10 bis 13 % lag, machten die durch Fleischgerichte verursachten CO₂-Äq-Emissionen 30 bis 35 % der gesamten Emissionen aus. Der relativ hohe Anteil an Gemüse und Obst in den untersuchten Küchen (20 bis 40 %) verursachte dagegen nur 5 bis 6 % des Ausstoßes an Klimagasen (BLE 2016).

Maßnahmenszenario: In Settings der Gemeinschaftsverpflegung werden die DGE-Qualitätsstandards verbindlich umgesetzt. Trinkwasser wird nur noch aus leitungswassergebundenen Zapfanlagen (Wasserbrunnen) in Mehrweggläser bzw. -flaschen abgefüllt. Lebensmittelabfälle werden durch Maßnahmen der Produktionssteuerung weitestgehend vermieden.

Wie Tabelle 5.10 zeigt, werden in der Gemeinschaftsverpflegung in Deutschland im Jahr überschlägig rund 2,5 Mrd. Essen ausgegeben. Bezieht man dies auf alle Tage eines Jahres, ergeben sich durchschnittlich 6,8 Mio. Essen pro Tag.

Tabelle 5.10: Gemeinschaftsverpflegung in Deutschland

Lebenswelt	Bezugsjahr	Anzahl der Einrichtungen	Anzahl der potenziellen Esser/innen	Verpflegungstage	Anzahl an Mittagessen jährlich in Mio.	Quelle
Kindertageseinrichtungen	2015	54.536	2,01 Mio. (bis 7 Jahre)	235	472	a)
Ganztagschulen	2013	16.198	Potenziell 2,6 Mio. in allgemein bildenden Schulen	200	208*	b)
Hochschulen	2013/2014	955 Mensen und Cafeterien	bis zu 400.000 täglich	261	90	c)
Betriebe	2013	13.800 mit mehr als 100 Gästen	6,5 Mio. Gäste täglich	261	1.696	d)
Stationäre Senioreneinrichtungen	2013	13.000 Einrichtungen	764.000 Senioren	365	2,80	e)
Essen auf Rädern	2012	2.500 Mahlzeitendienste	320.000 Kunden	365	1,2	f)
Krankenhäuser	2014	1.966 Krankenhäuser	durchschnittliche Verweildauer 7,1 Tage	365	18,8	g)
Reha-Kliniken	2014	1.158 Reha-Kliniken	durchschnittliche Verweildauer 21 Tage	365	2	g)
Summe					2,49 Mrd.	

*unter der Annahme, dass im Durchschnitt 40 % der Schüler ein Mittagessen verzehren

Quelle: a) Statistisches Bundesamt (2015b), b) Ständiges Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2015), c) Deutsches Studentenwerk (2014), d) DEHOGA (2013), e) BMFSJ (2015), f) DGE (2012), g) Statistisches Bundesamt (2014b).

THG-Minderungspotenzial: Da THG-spezifische Daten zum Anteil der Gemeinschaftsverpflegung (GV) am gesamten Lebensmittelkonsum in Deutschland nicht vorliegen, kann an dieser Stelle lediglich eine Abschätzung in Bezug auf den gesamten Außerhausmarkt gegeben werden. Dabei umfasst der Außerhausmarkt sowohl die Gemeinschaftsverpflegung als auch die Individualgastromonomie (Restaurants, Imbisse, Snackautomaten etc.). In Bezug auf THG-Emissionen identifizierten Eberle und Fels (2015) auf Basis der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe des Jahres 2008 einen Anteil des Außerhauskonsums am Gesamtkonsum von 15 %. Legt man diesen Anteil den ernährungsspezifischen Gesamtemissionen in Höhe von 216 bis 264 Mio. t CO₂-Äq zugrunde (s. Kap. 5.3.2), ergibt sich eine Summe von 32 bis 40 Mio. t CO₂-Äq, die durch den Außerhauskonsum emittiert werden. Eine grobe Abschätzung des THG-Minderungspotenzials im Außerhausmarkt, das mit einer ausgewogenen Ernährung (nach DGE-Standards) erreicht werden könnte, wurde auf Basis der in Tabelle 5.7 präsentierten Minderungsfaktoren durchgeführt. Demnach könnten 9 % (entspricht 3,0 bis 3,6 Mio. t CO₂-Äq) mit einer Umsetzung der DGE-Empfehlungen eingespart werden. Würden zusätzlich vermeidbare Abfälle reduziert werden, könnten weitere 2,6 bis 3,2 Mio. t CO₂-Äq eingespart werden. Zu beachten ist, dass diese Minderungspotenziale in

den in Kapitel 5.3.2 und 5.3.3 ausgewiesenen bereits enthalten sind. Allerdings sind die Einsparungen bei Gemeinschaftsverpflegungen leichter umzusetzen als beim individuellen Konsum zu Hause.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die einmal vermiedenen Emissionen sind dauerhaft vermieden. Sinkt durch die Umstellung auf die Umsetzung der DGE-Standards die Nachfrage nach Mahlzeiten in der Gemeinschaftsverpflegung und werden stattdessen außerhalb der Gemeinschaftsverpflegung verstärkt THG-intensivere Mahlzeiten verzehrt, steigen die THG-Emissionen wieder.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards für die Verpflegung erlaubt eine ausgewogene Ernährung und erfüllt Anforderungen an die Gesundheitsförderung und -erhaltung unterschiedlicher Zielgruppen. In dieser Hinsicht bestehen klare Synergien.

Konflikte können entstehen, wenn die Vermeidung von Lebensmittelabfällen nicht im Einklang mit den gesetzlichen Anforderungen zur Hygiene steht. Deshalb ist der vorbeugenden Steuerung in jedem Fall Vorrang einzuräumen. Dies bedeutet v. a. die schrittweise Bestückung von Ausgabebänken oder Buffets, sodass stets nur nachfrageorientierte Mengen in unmittelbarem Kontakt zum Gast gelangen (Speisen, die nicht in die Ausgabe gelangen und durchgehend kühl gelagert werden, können weiter verwendet werden.).

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Hierüber liegen keine Informationen vor.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Die verbindliche Einführung der DGE-Qualitätsstandards für die Verpflegung kann in den Schulgesetzen der Länder bzw. den Kitaförderungsgesetzen festgeschrieben werden. Dies ist bislang für Schulen nur im Land Berlin und im Saarland, für Kitas im Land Mecklenburg-Vorpommern so festgelegt.

Für Bundesinstitutionen gelten die Kantinenrichtlinien des Bundes. Sie wurden 2011 dahingehend geändert, dass die Umsetzung des Qualitätsstandards der DGE als „muss“ verbindlich vorgeschrieben ist.¹⁵⁶

In Senioreneinrichtungen und Krankenhäusern kann eine entsprechende Steuerung über die Kranken- bzw. Pflegekassen erfolgen.

Auch im Erwachsenenalter ist eine Kombination von Verhaltens- und Verhältnisprävention sinnvoll. Zur Verhaltensprävention empfehlen hier beispielsweise die Krankenkassen eine zielgerich-

¹⁵⁶ BMI, Kantinenrichtlinien, GMBI, S. 566 .

tete Ernährungskommunikation, die möglicherweise das Verhalten entsprechend beeinflussen kann (Spitzenverbände der Krankenkassen 2014). In der Veröffentlichung zum § 20 „Primäre Prävention und Gesundheitsförderung“ des Sozialgesetzbuches V „Gesetzliche Krankenversicherung“ fordern die Spitzenverbände der Krankenkassen die Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards für die Verpflegung und setzen ebenfalls gleichzeitig auf eine begleitende Ernährungskommunikation in Betriebsrestaurants und Kantinen.

Neben der bundesweiten Initiative des Klimatellers¹⁵⁷ versorgt auch die Plattform „GV-nachhaltig“ die Branche sowohl mit Hintergrundinformationen als auch zahlreichen Tipps und Rezepturen für fleischlose Gerichte. Die Plattform wurde ursprünglich vom Vegetarierbund ins Leben gerufen und mit Mitteln des Bundesumweltministeriums gefördert. Die Plattform verfügt z. B. über einen Emissionsrechner, der die Berechnung von CO₂-Äq unterschiedlicher Rezepturen der Gemeinschaftsverpflegung ermöglicht. Die Plattform wird von großen Cateringunternehmen, Studentenwerken und privaten Unternehmen unterstützt (GV nachhaltig 2016).

Ein weiteres Beispiel ist die Einführung eines fleischfreien Tages in der Woche in öffentlichen Kantinen (VEBU 2016). An dieser Initiative beteiligen sich inzwischen viele Städte und Gemeinden, eine vergleichbare Initiative findet sich auch international (The Monday Campaigns 2016).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Eine Reduzierung des Konsums tierischer Produkte in Deutschland führt – solange der inländische Konsumrückgang nicht vollständig durch zunehmende Exporte tierischer Erzeugnisse kompensiert wird –, zu einem Rückgang der inländischen Produktion und damit auch des Einsatzes von Futtermitteln. Daher steht in Deutschland mehr Fläche für eine anderweitige Nutzung zur Verfügung, der Import von Futtermitteln geht zurück und der Export z. B. von Getreide steigt. Die dadurch im Ausland hervorgerufenen Landnutzungsänderungen führen dort zu einer Verringerung der THG-Emissionen. Durch die Reduktion des Angebots an fleischhaltigen Gerichten könnte auch eine Verlagerung zugunsten von THG-intensiveren Mahlzeiten außerhalb der Gemeinschaftsverpflegung erfolgen.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung und Auswirkungen auf die vor- und nachgelagerten Bereiche bzw. andere Sektoren: Die durch einen reduzierten Konsum tierischer Produkte hervorgerufenen Änderungen der landwirtschaftlichen Produktion in Deutschland werden in der THG-Berichterstattung in der Quellgruppe „Landwirtschaft“ erfasst. Wenn die nicht mehr für Futterzwecke benötigten Flächen zur Erzeugung von Bioenergie genutzt oder aufgeforstet werden, werden die durch die Substitution fossiler Energien vermiedenen THG-Emissionen bzw. die Koh-

¹⁵⁷ Diese Initiative ist ursprünglich aus einer Idee einer Gruppe Studierender der Universität Hamburg entstanden. An einem Tag in der Woche werden entweder alle Speisen, die mehr als 4 kg CO₂-Äq/kg Lebensmittel verbrauchen, grundsätzlich nicht angeboten, oder es werden Speisen, die nur Lebensmittel mit weniger als 4 kg CO₂-Äq/kg Lebensmittel enthalten, als „Klimateller“ ausgezeichnet.

lenstofffestlegung in den Quellgruppen „Energie“ bzw. „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)“ erfasst.

Bewertung: Die Umsetzung der Maßnahme erfordert Einsatz auf Seiten der Länder und Träger der unterschiedlichen Organisationen bzw. Unternehmen. Einfach umsetzbar ist die Maßnahme in den Kantinen des Bundes und der Länder. Hier können Kantinenrichtlinien eine entsprechende Umsetzung vorsehen. Mensen und Cafeterien an Hochschulen werden von Studentenwerken betrieben. Hier lässt sich eine große Offenheit der Studierenden gegenüber klimarelevanten Ansätzen feststellen. Insoweit ist hier eine Realisierung der Maßnahme vergleichsweise einfach.

Auch in Schulen und Kindertageseinrichtungen dürfte die Realisierung schon deshalb einfacher sein als in anderen Settings, da hier zu Recht neben dem gesundheitlichen Nutzen auch bildungspolitisch positive Effekte zu erwarten sind.

Privatwirtschaftlich organisierte Unternehmen haben inzwischen Aspekte der Nachhaltigkeit und des Klimawandels bereits für sich entdeckt und versuchen, über ein entsprechendes Angebot attraktiver zu werden und mehr Kunden an sich zu binden.

Die Vermeidung von Lebensmittelabfällen ist für die Gemeinschaftsverpflegung ein Anreiz, da abgesehen von der Veränderung der Personaleinsatzplanung in jedem Fall Geld eingespart werden kann. Diese Anreize müssen deutlich hervorgehoben werden. Die Veränderungen beziehen sich z. B. auf die Abläufe: Chargenweises Garen oder Regenerieren und das Befüllen der Ausgabebehälter, orientiert an der jeweiligen Nachfrage, sollte zugunsten der auf einen festen Zeitpunkt ausgerichteten Produktion vorgezogen werden.

5.3.6 Reduzierung von Emissionen bei der Einkaufsfahrt

Bezeichnung der Maßnahme: Reduzierung von Emissionen durch optimierte Einkaufswege

Beschreibung der Maßnahme: Das Einkaufsverhalten der Konsumenten kann einen beachtlichen Einfluss auf die Klimabilanz haben, je nachdem, ob die Einkäufe zu Fuß, mit dem Rad, mit dem Auto oder mit dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) erledigt werden. Beim Auto fallen Emissionen von rund 144 g CO₂/Personen-km an, beim ÖPNV rund 75 g CO₂/Personen-km (UBA 2010). Bei Erledigung des Weges zu Fuß oder per Rad fallen dagegen keine Emissionen an. Eine Reduzierung des Autoeinsatzes bzw. die Kombination des Einkaufs mit anderen Aufgaben reduzieren somit die Emissionen. Allerdings hat sich zwischen 1982 und 2002 die Länge aller Einkaufswege um ca. 50 % erhöht (INFAS und DIW 2004).

Maßnahmenszenario: Reduzierung des Autoeinsatzes bzw. Kombination des Einkaufs mit anderen Aufgaben. Das Szenario wird nicht weiter spezifiziert, da kein exaktes Minderungspotenzial abgeleitet werden kann.

THG-Minderungspotenzial: Nur wenige Studien zum Reduktionspotenzial durch diese Maßnahme sind verfügbar, weswegen hier nur grobe Abschätzungen gemacht werden können. Nach Reinhardt et al. (2009) können durch eine Einkaufsfahrt mit dem Auto im ungünstigen Fall (z. B. wenn eine Fahrt von 5 km nur wegen eines Produktes stattfindet) ein Vielfaches der durch die Erzeugung des Produktes freigesetzten Emissionen anfallen (Faktor 3-4 bei 2 kg regional erzeugten Plantagenäpfeln, Faktor 17 bei regional produziertem Kopfsalat). Allerdings sinken die Emissionen stark, wenn die Fahrzeuge stärker ausgelastet sind. So sind bei dem Apfelbeispiel die transportbedingten Emissionen um über 90 % geringer, wenn zusätzlich noch gemischte Lebensmittel mit einem Gesamtgewicht von 20 kg eingekauft werden. Dieser Unterschied kann deutlich größer sein als die Gesamtemissionen der Produktion. Durch den Einkauf freigesetzte Emissionen werden auch in einer Studie des Öko-Instituts analysiert (Öko-Institut und dti 2012). Auch hier hatte die Einkaufsfahrt – zusammen mit Vorgängen im Haushalt wie Lagerung und Zubereitung – größeren Einfluss auf die Klimabilanz als unterschiedliche Angebotsformen der Lebensmittel (Tiefkühl, Frischware etc.). Das Minderungspotenzial verringert sich, je größer der Anteil der Transporte wird, die auf klimaneutralen regenerativen Energien basieren.

Dauerhaftigkeit/Reversibilität der THG-Minderung: Die Maßnahme reduziert die Emissionen pro konsumierter Einheit an Lebensmittel. Auch wenn die Verbraucher und Verbraucherinnen ihr Einkaufsverhalten wieder ändern würden, wären die während eines bestimmten Zeitraums reduzierten Emissionen irreversibel vermieden.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Neben den Treibhausgasemissionen sind Synergieeffekte aus weiteren verminderten Luftschadstoffen (Feinstaub, NO_x), verminderten transportbedingten Lärmemissionen und verminderten Verkehrsunfällen zu erwarten. Sofern mehr Einkaufsfahrten zu Fuß oder mit dem Rad erledigt werden, sind auch gesundheitsfördernde Effekte zu erwarten. Wenn die Optimierung der Einkaufswege dadurch erfolgt, dass pro Einkauf mehr Lebensmittel gekauft werden, kann dies mit dem Ziel der Vermeidung von Lebensmittelabfällen konfliktieren (s. Kap. 5.3.3).

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Für die Umsetzung werden Mittel für Informationskampagnen etc. benötigt. Während sich Treibstoff- und Fahrzeugkosten bei einer Umsetzung der Maßnahme durch die Konsumenten reduzieren, steigt voraussichtlich der zeitliche und organisatorische Aufwand für die Verbraucher.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Die Emissionsreduktion beruht im Wesentlichen auf einer Reduzierung von Kraftstoffen. Die damit verbundene THG-Einsparung wird in der Berichterstattung in der Quellgruppe „Energie“ erfasst.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Verbindliche Vorgaben zur Optimierung von Transportwegen sind schwierig durchzusetzen und stellen einen unverhältnismäßigen Eingriff in die Konsumentensouveränität dar. Eine Erhöhung der Mineralölsteuer würde tendenziell einen ökonomischen Anreiz setzen, Einkaufsfahrten zu optimieren.

Mögliche Politikmaßnahmen: Grundsätzlich sind Maßnahmen denkbar, die den Kraftstoffeinsatz verteuern (Mineralölsteuer) und damit zu einer umfassenderen Internalisierung externer Effekte beitragen. Weitere verkehrspolitische Maßnahmen zur Vermeidung von THG-Emissionen aus Verkehr sind z. B. die Förderung umweltgerechter Verkehrsträger, verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Fahrzeugeffizienz (UBA 2010).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Nicht relevant

Bewertung: Die Maßnahme ist eine der wenigen Maßnahmen ohne negative Nebeneffekte, sofern sich nicht die Lebensmittelabfälle erhöhen, und sollte mit entsprechenden Instrumenten, insbesondere solchen zur Internalisierung externer Umwelteffekte, verfolgt werden.

5.3.7 Verzicht auf Flugware

Bezeichnung der Maßnahme: Verzicht auf Lebensmittel, die mittels Flugzeugen transportiert werden (Flugware).

Beschreibung der Maßnahme: Emissionen aus dem Flugverkehr sind von besonderer Relevanz, da die Klimawirkung der in der oberen Troposphäre freigesetzten Abgase um ein Vielfaches höher ist als die, die den entsprechenden THG-Emissionen standardmäßig beigemessen wird (Faktor 2-5, Sausen et al. 2005). Unter Berücksichtigung dieser Koeffizienten werden die durch den Flugtransport von Lebensmitteln nach Deutschland verursachten Emissionen auf ca. 1,2 Mio. t CO₂-Äq geschätzt, wobei die mögliche Bandbreite von 0,9 Mio. t bis 2,1 Mio. t reicht (Havers 2008: 85). Eine Reduzierung des Konsums von Flugwaren würde zu einem geringeren Import führen und die Emissionen und deren klimaerwärmende Wirkung reduzieren.

Jährlich werden ca. 52.000 t Lebensmittel direkt nach Deutschland geflogen (s. Tab. 5.11 für die wichtigsten Produkte). Fisch spielt dabei die wichtigste Rolle, gefolgt von Obst und Gemüse. Fleisch ist die einzig weitere bedeutende Lebensmittelgruppe. Die durch den Flugtransport von Lebensmitteln nach Deutschland verursachten Emissionen werden auf ca. 1,2 Mio. t CO₂-Äq geschätzt (Havers 2008).

Tabelle 5.11: Lebensmittel die, wenn sie importiert werden, typischerweise per Luftfracht eingeführt werden

Produktkategorie	Menge in t	Besonders relevante Produkte	Herkunft
Fisch	17.000	Viktoriabarsch Lachs andere Wassertiere	Tansania, Kenia USA, Kanada, Chile Diverse Herkünfte
Obst	13.000	Mango, Papaya und Ananas	Afrika, Südamerika, Indien
Gemüse	11.000	frische Bohnen, Spargel, tropisches Gemüse und Kräuter	Südamerika und Südafrika
Fleisch	6.000	diverse Produkte	diverse Herkünfte

Quelle: Keller und Waskow (2012), LANUV (2011).

Maßnahmenszenario: Reduzierung der flugimportierten Lebensmittel um 80 % im Vergleich zu 2008

THG-Minderungspotenzial: Von den flugimportierten Lebensmitteln sind viele Produkte auch regional erzeugbar bzw. mit anderen, klimafreundlicheren Verkehrsmitteln transportierbar. Ausnahmen sind z. B. Papaya, von denen im Jahr 2008 ca. 2.385 t per Flugzeug transportiert wurden (Keller 2010). Der Flugtransport von exotischen Fischen und anderen Wassertieren könnte größtenteils nur dann reduziert werden, wenn sich die Verbraucher für regional produzierte Produkte mit ähnlichen Eigenschaften entscheiden bzw. ganz auf diese Produktgruppe verzichten würden. Würden die Lebensmittel weitestgehend ohne Flugzeug transportiert bzw. saisonal konsumiert werden, könnte ein Großteil der Flugware-induzierten THG-Emissionen vermieden werden (Abschätzung bei einer Reduzierung um 80 %: rund 0,7 bis 1,7 Mio. t CO₂-Äq; eigene Berechnung auf Basis von Havers 2008). Flugzeugtransporte von Lebensmitteln nach Deutschland haben einen Anteil von weniger als 1 % an der Transportleistung für Lebensmittel, deren Emissionen entsprechen aber effektiv einem Anteil von rund 16 % aller Emissionen, die durch den Lebensmitteltransport emittiert werden (Havers 2008). Bezogen auf den gesamten Güterverkehr machen diese Emissionen ca. 1 % aus.

Dauerhaftigkeit/Reversibilität der THG-Minderung: Die Maßnahme reduziert die Emissionen pro konsumierter Einheit an Lebensmittel. Auch wenn die Verbraucher ihr Verhalten wieder ändern würden, wären die während eines bestimmten Zeitraums reduzierten Emissionen irreversibel vermieden.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Es sind keine gesundheitlichen Risiken durch den verringerten Konsum von tropischen Früchten oder Fisch aus Flugtransport zu erwarten. Eine Reduzierung der Importe von Flugobst und -gemüse kann allerdings erheblichen wirtschaftlichen Schaden in exportorientierten Entwicklungsländern verursachen (Garnett 2011). Aus einer Analy-

se von Fallstudien, ob wirtschaftlich schwache Entwicklungsländer überproportional von Maßnahmen zur Reduzierung von THG-Emissionen in Großbritannien betroffen wären, folgern Edwards-Jones et al. (2009), dass Länder mit substituierbaren Exportprodukten eine besonders hohe Vulnerabilität hinsichtlich Maßnahmen zur Sensibilisierung der Konsumenten (wie CO₂-Label) aufweisen. Dies ist beispielsweise bei grünen Bohnen, Erbsen oder Äpfeln der Fall. Allerdings ist die Vulnerabilität bei tropischen Produkten, die nicht ohne weiteres in Europa produziert werden können, stark reduziert. Generell könnten negativen Effekten, die ein verringerter Export für diese Länder hätte, begegnet werden, indem beispielsweise im Rahmen der Deutschen Entwicklungszusammenarbeit dazu beigetragen wird, dort andere rentable landwirtschaftliche Produktionszweige aufzubauen.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Eine genaue Berechnung der Kosten ist aufgrund der komplexen Wechselwirkungen nicht möglich. Tendenziell reduzieren sich durch den Transport mit alternativen Transportmitteln die Transportkosten für die Abnehmer.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Der Frachtflugverkehr unterliegt keiner Mineralöl-, Öko- und Mehrwertsteuer. Eine Besteuerung des Treibstoffs ist aufgrund Art. 24 des Abkommens über die internationale Zivilluftfahrt (Chicagoer Abkommen) (ICAO 1944) völkerrechtlich schwierig. Im Rahmen der Konsumentensouveränität obliegt die Kaufentscheidung den Konsumenten. Jedoch ist davon auszugehen, dass nur ein Teil der Konsumenten bereit ist, völlig auf Flugware zu verzichten.

Der regionale Bezug von Lebensmitteln und Transparenz haben in den letzten Jahren an Bedeutung für die Kaufentscheidung gewonnen (Keller und Waskow 2012). Informationskampagnen, z. B. in Form von Labeln, sind relativ einfach umzusetzen. Diese wurden z. B. von Handelsunternehmen in der Schweiz (COOP) und Großbritannien (Marks und Spencer, Tesco) eingeführt (Keller und Waskow 2012). Die Wirksamkeit dieser Instrumente zur Reduzierung von Flugware ist jedoch unsicher. Beispielsweise zeigte die Menge der Emissionen, die auf Flugware zurückzuführen ist, bei Coop zwischen 2010 und 2014 in der Tendenz keine Veränderung (Coop 2014).

Mögliche Politikmaßnahmen: Da das Transportmittel für viele Käufer nicht ersichtlich ist, kann die Ausweisung der Ware als Flugware Transparenz schaffen und eine bewusste Entscheidungsfindung der Verbraucher ermöglichen. Allerdings ist nicht sicher, ob eine entsprechende Auszeichnung bei den Konsumenten bzw. im Handel als „Negativkennzeichnung“ wahrgenommen wird oder als Indiz für Frische oder Exklusivität eine Kaufentscheidung sogar begünstigt (Keller und Waskow 2012).

Eine Kennzeichnungsvorschrift von Flugware im Lebensmitteleinzelhandel wäre handelsrechtlich aufgrund nicht eindeutiger Positionen (v. a. in internationalen Handelsübereinkommen) schwierig umzusetzen. Voraussetzung wäre eine entsprechend weite Auslegung des WTO-Reglements (Art. 10), um Fluglabel als „weiches Instrument“ zur Vermittlung umweltbezogener Information über ein Produkt verwenden zu können.

Selbstverpflichtungen des Handels (Auslistung von Flugware, freiwillige Kennzeichnung) wären eine andere Möglichkeit. Schließlich besteht noch Potenzial in der Förderung des Transports mit sog. Controlled Atmosphere-Containern (Keller und Waskow 2012).¹⁵⁸

Deutschland könnte sich in der EU und international für die Schaffung von Möglichkeiten zur Besteuerung von Kerosin einsetzen.

Der Ausgleich der durch den Transport der Flugware emittierten THG, z. B. durch die Unterstützung entsprechender Klimaschutzprojekte (wie Aufforstungsprojekte), wäre eine weitere Möglichkeit, um die Klimabilanz der Flugprodukte zu reduzieren. Kritikpunkt hierbei ist allerdings, dass ein „klimaneutraler Flugtransport“ oftmals nicht erreicht werden kann (schwierige Berechnung der tatsächlichen Emissionen, Unsicherheit der Zusätzlichkeit und Permanenz der Ausgleichsmaßnahme; s. Kap. 4.1.3).

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Da die Emissionen, die aus dem Transport mit Hochsee- oder Binnenschiffen, Zügen oder LKW resultieren, wesentlich klimaschonender sind als die aus Flugtransporten (bis zu einem Faktor von 170, Hoffmann und Lauber 2001), sinken die transportbedingten Emissionen deutlich, wenn Flugtransporte durch andere Transportmittel ersetzt werden. Obwohl keine genauen Informationen darüber vorliegen, ob die Lebensmittel vorrangig als Zuladung in Passagierflugzeugen oder in Frachtmaschinen transportiert werden (Havers 2008), kann allerdings davon ausgegangen werden, dass sich der gesamte Flugverkehr durch die Maßnahme nur wenig reduziert. Vielmehr ist zu erwarten, dass der Stauraum für andere Waren genutzt wird.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Die Emissionsreduktion beruht im Wesentlichen auf einer Reduzierung von Kraftstoffen. Die damit verbundene THG-Einsparung wird in der Berichterstattung in der Quellgruppe „Energie“ erfasst, und zwar in dem Land, in dem die Emission entsteht. Wird die inländische Produktion zur Substitution von Flugware oder nichtregionalen Produkten ausgedehnt, werden die hierdurch hervorgerufenen zusätzlichen Emissionen in der THG-Berichterstattung Deutschlands erfasst.

Bewertung: Der Verzicht auf mit dem Flugzeug transportierte Lebensmittel kann ein, wenn auch umfangmäßig kleiner Beitrag zum Klimaschutz sein. Allerdings ist davon auszugehen, dass der jetzt schon relativ geringe Anteil der mit dem Flugzeug transportierten Lebensmittel mit herkömmlichen Informationskampagnen nur relativ schwer weiter reduziert werden kann.

¹⁵⁸ Diese ermöglichen durch eine Regulierung des Luftgemisches im Lagerraum eine Kontrolle des Stoffwechsels von Früchten und Gemüse. Dadurch kann beispielsweise deren Haltbarkeit erhöht werden, sodass sie auch mit im Vergleich zum Flugtransport langsameren Transportmitteln transportiert werden können.

5.3.8 Reduktion von Transportemissionen durch Konsum regionaler Produkte

Bezeichnung der Maßnahme: Reduzierung der THG-Emissionen aus dem Transport durch erhöhten Konsum regionaler Produkte (unter Beachtung der Saisonalität)

Beschreibung der Maßnahme: Im Vergleich zu nichtregionalen Produkten können regional erzeugte Produkte bei ähnlichen Produktionsbedingungen (z. B. gleiches Produktionssystem und gleiche klimatische Bedingungen) günstigere Klimabilanzen haben, v. a. aufgrund geringerer Transportemissionen¹⁵⁹. Somit wird oftmals pauschal davon ausgegangen, dass mit erhöhtem Konsum regionaler Produkte THG-Emissionen reduziert werden. Die hier vorgestellte Maßnahme bezieht sich auf das realistische Einsparpotenzial von THG-Emissionen aus dem Transport durch den Konsum regionaler Produkte. THG-Emissionen durch Flugwaren sind ein besonderer Fall der Emissionen einer nichtregionalen Ernährung, da hier das Vermeidungspotenzial eindeutiger ist. Sie werden daher gesondert in Kap. 5.3.7 behandelt.

Maßnahmenszenario: Die Bestimmung des Minderungspotenzials von verkürzten Transportwegen durch eine regionale Produktion ist aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren komplex und abhängig von den jeweils betrachteten Lebensmitteln. Auch ist zu beachten, dass die Definition von „regional“ oft unterschiedlich festgelegt wird. Definitionen beziehen sich z. B. auf die Grenzen von Bundesländern, Landkreisen oder anderen politisch definierten Räumen (Regionalfenster 2015). Reinhardt et al. (2009) definieren in einer der wenigen Vergleichsstudien regionale Lebensmittel als solche, die in einer Entfernung von nicht mehr als 200 km vom Ort des Konsums produziert wurden. Diese Definition soll im Folgenden verwendet werden.

Szenarien: a) Vollständige Substitution des Verzehrs nichtregionaler Produkte durch regionale Produkte.¹⁶⁰ Damit ist die (unrealistische) Annahme verknüpft, dass Produkte, die hier nicht produziert werden können (Bananen etc.), durch regionale Produkte ersetzt werden. b) Substitution von 50 % der nichtregionalen Produkte durch regionale Produkte.

In beiden Szenarien wird davon ausgegangen, dass regionale Produkte durchschnittlich 20 % geringere Transportemissionen aufweisen als nichtregionale Produkte.¹⁶¹ Für die Abschätzung des Minderungspotenzials ist weiterhin der Anteil der regionalen Lebensmittel wichtig, der bisher in

¹⁵⁹ THG-Einsparpotenziale durch Optimierung der Einkaufswege, die die Konsumenten beim Kauf der Lebensmittel zurücklegen, werden in Kapitel 5.3.6 behandelt.

¹⁶⁰ Regional definiert nach Reinhardt et al. (2009).

¹⁶¹ Durchschnittliche Einsparung der analysierten Produkte in Reinhardt et al. (2009). Dieser Wert hängt allerdings stark von den zugrunde liegenden Annahmen ab und variiert z. B. zwischen verschiedenen Transportmitteln.

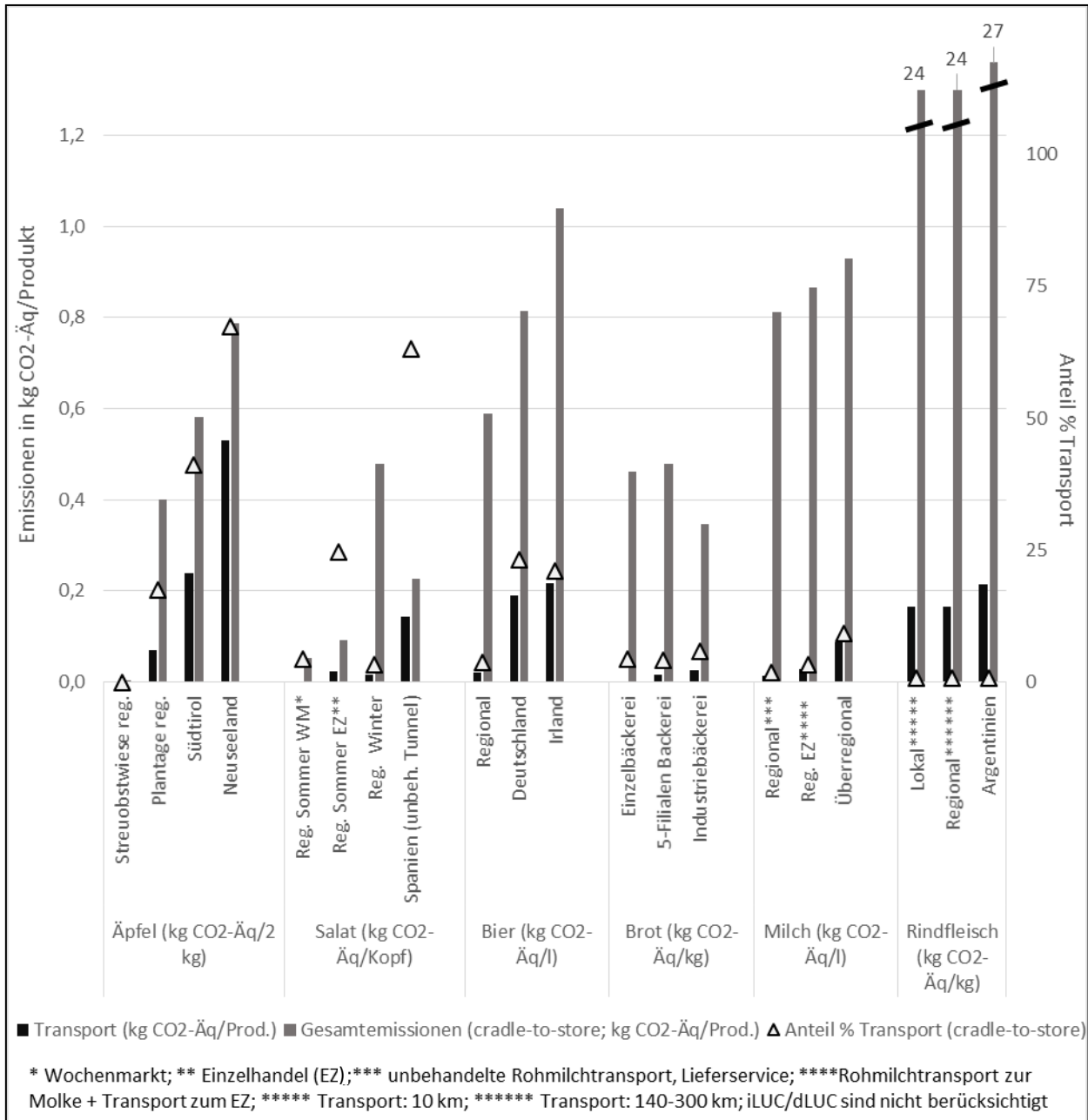
Deutschland konsumiert wurde. Obwohl die Ermittlung dieses Anteils aufgrund fehlender Daten schwierig ist, soll im Folgenden ein Anteil von 14 % angenommen werden.¹⁶²

THG-Minderungspotenzial: Reinhardt et al. (2009) vergleichen die Klimabilanzen regional produzierter Erzeugnisse (Äpfel, Kopfsalat, Rindfleisch, Bier, Brot und Milch) mit entsprechenden Produkten mit langen Transportwegen (z. B. Äpfel aus Neuseeland, Kopfsalat aus Spanien, Rindfleisch aus Argentinien, Milch mit Transportwegen über 1.000 km). Danach zeigt der Anteil der Transportemissionen an den gesamten Emissionen mit ca. 1 % (Rindfleisch) bis über 50 % (Salat und Äpfel) eine große Spannweite auf (eigene Berechnung auf Basis von Reinhardt et al. (2009), s. Abb. 5.8). Bei Milch, die während ihres Lebensweges weniger als 300 km (Rohmilchtransport zur Molkerei und Transport zum Lebensmitteleinzelhandel) bis zum Verkaufsort transportiert wurde, sind die Gesamtemissionen ca. 7 % geringer als bei Milch mit einem Transportweg von 1.000 km. Allerdings ist auch bei Milch der Anteil des Transports an den Gesamtemissionen aufgrund der hohen Methanemissionen der Kühe und anderer landwirtschaftlicher Emissionen relativ gering. Mit fortschreitendem Verarbeitungsgrad der Milch nimmt der Transportanteil an den Emissionen weiter ab. Relativ eindeutige Ergebnisse gibt es bei regionalem Bier, welches bei LKW-Transportwegen von 50 km wesentlich weniger Gesamtemissionen erzeugt als bei Transportwegen von über 500 km. Auch für in Flaschen abgefülltes Wasser gilt, dass kurze Transportwege (regionale Abfüllung) merklich geringere Emissionen verursachen. Allerdings verursacht der Konsum von Leitungswasser am wenigsten Emissionen (s. Kap. 5.3.4).

Bezogen auf die gesamten ernährungsbedingten Emissionen in Deutschland fallen beim Transport von der Erzeugungsstätte bis zur Stufe des Lebensmitteleinzelhandels ca. 3 bis 8 % aller Emissionen an (Kjer et al. 1994, Taylor et al. 2000, Grünberg et al. 2010, s. Kap. 2.4). Bezogen auf die durch Ernährung verursachten THG-Emissionen (*cradle-to-store*: 189 Mio. t CO₂-Äq im Jahr 2006, s. Kap. 2.4) entspräche dies Emissionen von ca. 6 bis 15 Mio. t CO₂-Äq. Unter den im Maßnahmenszenario genannten Annahmen würde das THG-Minderungspotenzial bei Szenario a in einer Größenordnung von 1,0 bis 2,6 Mio. t CO₂-Äq liegen und bei Szenario b bei 0,5 bis 1,3 Mio. t CO₂-Äq, wenn bereits in der Ausgangssituation 14 % der konsumierten Produkte aus regionaler Produktion stammen würden.

¹⁶² Eine Befragung von über 1.000 Konsumenten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz in den Jahren 2013 und 2014 hatte zum Ergebnis, dass regionale Produkte bei ca. 60 % der Befragten einen Anteil von 20 % am Warenkorb darstellten (A T Kearney 2013, 2014). Nimmt man dieses Ergebnis als Grundlage zur Abschätzung des Anteils regionaler Produkte am Gesamtkonsum und geht man von weiteren 20 % der Konsumenten aus, in deren Einkaufskorb regionale Produkte 10 % betragen sowie einem Anteil aller Konsumenten von 20 %, die keine regionalen Produkte konsumieren, erhält man ein gewichtetes Mittel von 14 %.

Abbildung 5.8: Transportemissionen, Gesamtemissionen (*cradle to store*) und Anteil der Transportemissionen an den Gesamtemissionen (*cradle to store*) ausgewählter Lebensmittel



Quelle: Nach Reinhard et al. (2009).

Die hier dargelegte Abschätzung ist jedoch mit großen Unsicherheiten behaftet. Sie geht davon aus, dass der Transport fossile Kraftstoffe verbraucht. Wenn die Energie für den Transport dagegen aus regenerativen Quellen stammen würde und der Transport daher mit weniger THG-Emissionen verbunden wäre, würde sich auch das Reduktionspotenzial der beschriebenen Maßnahme verringern.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse müssen außerdem komplexe Wechselwirkungen zwischen den Produktionsschritten berücksichtigt werden. So können höhere Transportemissionen bei vielen Produkten durch eine effizientere Produktion mehr als ausgeglichen werden (s. a. Kap. 2.4). Nach Reinhardt et al. (2009) z. B. sind regional produzierte Äpfel zwar selbst nach einer sechsmonatigen Lagerzeit noch importierten vorzuziehen (im Beispiel: aus Neuseeland, s. a. UBA 2012, Blanke 2006). Andere Autoren stehen solchen Schlüssen allerdings kritisch gegenüber. Nach Wiegmann et al. (2005) können kleinere Transportfahrzeuge und schlechtere Logistik in regionalen Vermarktungsketten zu höheren Emissionen führen. Darüber hinaus weist Schröder (2007) darauf hin, dass es auch so etwas wie *Ecology of Scale* gibt. Das heißt, Produktion, Transport und auch Lagerung größerer Einheiten lassen sich energieeffizienter gestalten als in kleinen Einheiten. Diese Zusammenhänge führen Garnett (2011) zu der Aussage, dass der erhöhte Konsum regionaler Produkte als Maßnahme zur Minderung von THG-Emissionen nicht sonderlich effektiv ist und sogar Zielkonflikte mit anderen Emissionen aus anderen Stufen des Produktlebenswegs entstehen können (kritisch dazu Dorward 2012).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die Emissionen würden pro Einheit konsumierter Lebensmittel irreversibel reduziert.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Eine für eine abwechslungsreiche und ernährungsphysiologisch ausgewogene Ernährung benötigte Lebensmittelpalette ist in vielen Regionen Deutschland durch ausschließlich regionale Ernährung nicht immer verfügbar, z. T. sind saisonale alternative Lebensmittel den Konsumenten und Konsumentinnen außerdem nicht immer bekannt. Eine starke Reduzierung des Konsums nichtregionaler Lebensmittel kann daher insbesondere im Winter als sehr einschränkend empfunden werden.

Eine Reduzierung von Importen kann erhebliche wirtschaftliche Schäden in exportorientierten Entwicklungsländern verursachen (s. Kap. 5.3.7). Eine Förderung des Konsums regionaler Produkte kann im Prinzip auch protektionistisch missbraucht werden (s. a. Kap. 5.3.7). Auch hierbei ist allerdings wiederum die Definition von regional entscheidend. Wettbewerbsrechtlich ist eine Ausschreibung von regionalen Produkten (wobei Regionalität als Qualitätsmerkmal angesehen wird) jedoch prinzipiell möglich und stellt keine Diskriminierung dar.

Neben den genannten Treibhausgasemissionen sind Synergieeffekte aus weiteren verminderten Luftschadstoffen (Feinstaub, NO_x) zu erwarten, die besonders durch Hochseeschiffe emittiert werden. Weiterhin sind verminderte transportbedingte Lärmemissionen und eine Reduzierung von Verkehrsunfällen zu erwarten. Weiterhin können negative Externalitäten wie hoher Wasserverbrauch in wasserarmen Gebieten reduziert werden, z. B., wenn die importierten Produkte aus Bewässerungsanbau stammen (Müller-Lindenlauf 2013).

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Eine genaue Berechnung der Vermeidungskosten ist nicht möglich. Für die Umsetzung werden Mittel für Informationskampagnen etc. benötigt. Die

THG-Reduktionen werden durch Verbraucherverhalten erreicht. Es wäre prinzipiell mit einer Erhöhung der Lebensmittelkosten zu rechnen.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Wie oben beschrieben ist die Zeitspanne, zu der bestimmte Lebensmittel in bestimmten Regionen aus regionaler Produktion verfügbar sind, in vielen Regionen Deutschlands kürzer als die Periode, zu der Konsumenten gewohnt sind, die entsprechenden Lebensmittel zu konsumieren (z. B. sind Spargel und Erdbeeren in Norddeutschland erst ab Mai/Juni regional verfügbar, aber selbst im Discounter ab März/April im Angebot). Alternativen zu nicht regionalen Produkten (z. B. im Winterhalbjahr neben Möhren verschiedene Kohlsorten, Pastinaken, rote Bete, Porree etc.) sind den Konsumenten und Konsumentinnen nicht immer bekannt bzw. weichen von gewohnten Ernährungsmustern ab. Daher kann eine starke Reduzierung des Konsums nichtregionaler Ernährung insbesondere im Winter als sehr einschränkend empfunden werden.

Dort, wo dies nicht der Fall ist (z. B. bei Getreide, Kartoffeln außerhalb von ausgeprägten Grünlandregionen, bei ackerbaulich angebautem Gemüse in der Saison), misst ein relevanter Teil der Konsumenten Regionalität einen positiven Wert bei. Darüber hinaus gibt es einen kleinen Teil von Konsumenten, für den Regionalität generell ein entscheidendes Kaufkriterium darstellt. Daher ist die Vermarktung regionaler Produkte (wie z. B. beim „Regionalfenster“) ein geeignetes Instrument zur Segmentierung von Märkten. Dieses hat jedoch nicht automatisch die bedeutend hohe Klimawirkung, die von verschiedenen Seiten und Konsumenten vielfach angenommen wird.

Mögliche Politikmaßnahmen: Gängige Ansätze, um den Absatz von regionalen Produkten zu erhöhen, zielen auf bewusste Entscheidungsprozesse der Verbraucher, v. a. durch Information (Marketing, Betonung der Klimafreundlichkeit regionaler Produkte). Dies kann als sinnvoller Ansatz bei Konsumentengruppen mit hoher Wertschätzung für regionale Produkte angesehen werden. Darüber hinaus kann durch die Erhöhung des Angebots regionaler Produkte, z. B. in der Gemeinschaftsverpflegung, auch implizit der Konsum erhöht werden, auch wenn dies nicht automatisch auf einer bewussten Konsumentenentscheidung beruht.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Durch den geringen Selbstversorgungsgrad mit Obst und Gemüse (ca. 60 % des in Deutschland konsumierten Gemüses und 80 % des Obstes werden gegenwärtig importiert (BMEL 2014d)) wäre ein Ausbau der Produktion in Deutschland erforderlich, was zu höheren produktionsbedingten Emissionen in Deutschland sowie (indirekten) Landnutzungsänderungen mit unsicheren Klimafolgen führen kann. Wie oben angesprochen können geringere Transportemissionen durchaus durch weniger effiziente Produktionsstrukturen konterkariert werden. Somit besteht prinzipiell das Risiko höherer Gesamtemissionen über den Lebensweg eines Produktes, wenn der Fokus ausschließlich auf den Transportemissionen liegt.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Eine Reduzierung von Transporten und damit des Verbrauchs fossiler Kraftstoffe wird in der THG-Berichterstattung in der Quellgruppe 1 „Energie“ verbucht.

Bewertung: Selbst unter sehr optimistischen Annahmen ist das THG-Minderungspotenzial als eher gering einzuschätzen. So kann nicht verallgemeinernd angenommen werden, dass der Konsum regionaler Lebensmittel aufgrund geringerer transportbedingter Treibhausgasemissionen *per se* besser abschneidet, auch wenn lange Transporte vermieden werden können (siehe auch Macdiarmid 2014). Das Einsparpotenzial schwankt zwischen den Produkten erheblich und selbst bei höheren Transportemissionen von Lebensmitteln aus überregionaler Produktion können effizientere Produktionsstrukturen bzw. klimatische Begünstigungen in der Summe zu niedrigeren THG-Emissionen führen (z. B. Brot in Abb. 5.8). Ein klares Potenzial zur Reduktion von THG-Emissionen durch regionale Produkte besteht nur bei wenigen Produkten, z. B. Getränken.

5.3.9 Konsum saisonaler Produkte aus dem Freiland bzw. unbeheizten Gewächshäusern

Bezeichnung der Maßnahme: Reduzierung der THG-Emissionen durch den Verzehr saisonaler Produkte aus dem Freilandanbau bzw. unbeheizten Gewächshäusern

Beschreibung der Maßnahme: Durch die Verwendung entsprechender Anbauverfahren (v. a. Anbau in beheizten Treibhäusern) und Lagertechniken sind viele Obst- und Gemüsearten auch zu Jahreszeiten verfügbar, die nicht ihren klimatisch bedingten Erntefenstern bei Freilandanbau in Deutschland entsprechen. Manche sind das ganze Jahr über verfügbar. Die THG-Emissionen aus dem Konsum von Produkten außerhalb der Freiluftersaison, die in Deutschland in beheizten Gewächshäusern angebaut wurden (im Folgenden: nichtsaisonale Produkte), sind aber um den Faktor 5 bis 30 höher als bei saisonalen Lebensmitteln aus dem Freilandanbau (Freyer und Dorninger 2008). Wesentlich hierfür ist der höhere Energieeinsatz für die Heizung von Gewächshäusern (s. Kap. 5.2.9). Durch eine Erhöhung des Konsums saisonaler Produkte können diese Emissionen reduziert werden (Reinhardt et al. 2009, Grünberg et al. 2010, Garnett 2011, s. a. Tab. 5.12).¹⁶³

Maßnahmenszenario: Vollständiger Verzicht auf den Nahrungskonsum von Produkten aus beheizten Gewächshäusern in Deutschland. Nach BMEL (2014a: 113) wurden in Deutschland im Jahr 2013 ca. 140.000 t Gemüse unter hohen begehbaren Schutzabdeckungen produziert.¹⁶⁴ Welcher Anteil davon in beheizten Gewächshäusern produziert wurde, ist nicht bekannt.

¹⁶³ Optionen zur Reduzierung der THG-Emissionen durch die Erhöhung der Effizienz im Produktionsprozess (wie z. B. Einsparpotenziale durch den Einsatz von regenerativen Energien beim Beheizen von Gewächshäusern etc.) werden in Kapitel 5.2.9 diskutiert.

¹⁶⁴ Die Gesamtproduktionsfläche in beheizten Gewächshäusern beträgt ca. 3.000 ha, was allerdings auch Zierpflanzen mit einschließt (s. Kap. 5.2.9).

Szenarien: a) Annahme, dass 140.000 t Gemüse in beheizten Gewächshäusern produziert wurden und die entsprechenden THG-Emissionen vermieden werden, b) Annahme, dass 70.000 t Gemüse in beheizten Gewächshäusern produziert wurden.

THG-Minderungspotenzial: Tabelle 5.12 zeigt die Unterschiede der THG-Emissionen zwischen dem Anbau im beheizten Gewächshaus und im Freiland für ausgewählte Gemüsearten. Im Folgenden wird vereinfacht angenommen, dass die THG-Emissionen bei Anbau im beheizten Gewächshaus 12-mal so hoch sind wie diejenigen bei Anbau im Freiland bzw. unbeheiztem Gewächshaus.

Für Szenario a) beläuft sich das jährliche Einsparpotenzial auf ca. 0,7 Mio. t CO₂-Äq, für Szenario b) auf ca. 0,3 Mio. t CO₂-Äq.

Tabelle 5.12: Emissionen ausgewählter Gemüsearten bei unterschiedlichen Produktionsarten

Produkt	Beheizter Unterglas-anbau	Unbeh. Folien-tunnel	Freiland-anbau	Faktor	Gewächs-haus-anbau in Deutschland	Emissionen durch Gewächs-hausanbau	Emissionen durch Freiland-anbau	Differenz	Quelle
	(g CO ₂ -Äq/kg)	(g CO ₂ -Äq/kg)	(g CO ₂ -Äq/kg)		(2013) in t ^a	(t CO ₂ -Äq)	(t CO ₂ -Äq)	(t CO ₂ -Äq)	
Bohnen	6.360		220	29	k. A.				b
Lauch	5.430		190	29	k. A.				b
Kopfsalat	4.450		140	32	3.500	15.575	490	15.085	b
Sellerie	3.660		190	19	k. A.				b
Gurken	2.300		170	14	50.500	116.150	8.585	107.565	b
Tomate	3.130		194	16	69.300	216.925	13.445	203.480	b
Tomate	9.300	2.300		4	69.300	644.490	159.390	485.100	c
Tomate	9.300		85	109	69.300	644.490	5.891	638.600	c
Tomate	3.186		98	33	69.300	220.790	6.791	213.998	d
Tomate	2.950	620		5	69.300	204.435	42.966	161.469	e
Gesamt-anbau Deutschland	Ø 5.007	Ø 421		12	142.400	712.943	59.908	653.035	

Quelle: a) Produktion; nach BMEL (2014a) schließt dies beheizte und unbeheizte Gewächshäuser sowie Folientunnel ein, b) Freyer und Dorninger (2008), c) Universität Gießen (2015), d) Kjer (1994), e) Müller-Lindenlauf et al. (2013).

In einer für die Schweiz angefertigten Studie schätzen Jungbluth et al. (2012), dass durch eine Reduzierung von im beheizten Gewächshaus produzierten Gemüse um 90 % die ernährungsbezogenen THG-Emissionen um 2 % reduziert werden könnten. Bezogen auf die ernährungsbezogenen Emissionen in Deutschland (cradle-to-store, s. Kap. 2.4) ergäbe dies ein Reduktionspotenzial von rund 3,8 Mio. t CO₂-Äq. Im Vergleich zu den obigen Ausführungen erscheint dieses Einsparpotenzial sehr hoch.

THG-Minderungen durch Verbesserungen der Energieeffizienz im Produktionsprozess werden in Kapitel 5.2.9 behandelt. Diese können hier jedoch nicht ausreichend quantifiziert werden. Neben den Emissionen aus dem Anbau in beheizten Gewächshäusern können durch den Konsum saisonaler Produkte zusätzlich auch Emissionen aus der Lagerung reduziert werden (Grünberg et al. 2010).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die Wirksamkeit der Maßnahme basiert auf einer Substitution von relativ klimaschädlichen Lebensmitteln durch klimafreundlichere. Emissionen würden pro Einheit konsumierter Lebensmittel irreversibel reduziert.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Negative Auswirkungen auf Wasserverbrauch und Landnutzung sind nach Jungbluth et al. (2012) durch die Produktionsverlagerung zum Freilandbau nicht zu erwarten. Die Umsetzung der Maßnahme ist mit negativen Auswirkungen für die Gewächshausbetreiber verbunden.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Für die Umsetzung werden Mittel für Informationskampagnen etc. benötigt. Die THG-Reduktionen werden durch Verbraucherverhalten erreicht. Es ist prinzipiell mit einer Erhöhung der Lebensmittelkosten zu rechnen.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Grundsätzlich obliegt im Rahmen der Produzenten- und der Konsumentensouveränität die Entscheidung über Produktion und Angebot saisonaler und nichtsaisonaler Produkte den Anbietern und die Entscheidung über den Kauf den Konsumenten.

Für Produzenten können die betrieblichen Umstellungen mit hohen Investitionskosten und Risiken verbunden sein. Die Gewächshausproduktion ist oft ein integraler Bestandteil der betrieblichen Strategien, da mit der Ernteverfrühung bessere Marktpreise erzielt werden können und die Gewächshausproduktion eine kontinuierliche Präsenz am Markt ermöglicht. Großabnehmer würden rein saisonal produzierende Anbieter derzeit oftmals aussortieren (Rupp 2012). So können in Deutschland aufgrund klimatischer Bedingungen und des hohen Krankheitsdrucks z. B. kaum Tomaten im Freiland produziert werden.

Es ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Konsumenten nicht bereit sein wird, im Winterhalbjahr in einem relevanten Maß auf frisches Obst und Gemüse zu verzichten, die zu dieser Zeit nicht im Freiland angebaut werden können. Größere Potenziale liegen in der Substitution nicht-regionaler, nichtsaisonaler Obst- und Gemüseprodukte im Sommerhalbjahr, insbesondere in den landwirtschaftlichen Gunstregionen Deutschlands. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme ist insgesamt eher gering.

Mögliche Politikmaßnahmen: Generell sind spezifische Verbraucherinformationen, insbesondere Sachappelle, aber auch Imagekampagnen, die saisonale Lebensmittel mit positiven Attributen wie positiven Emotionen assoziieren, ein wichtiges, wenn auch nicht hinreichendes Mittel zur Realisierung des Minderungspotenzials durch saisonale Ernährung. Diese sind gut mit Informati-

onskampagnen für andere Maßnahmen im Bereich Konsum kombinierbar. Zentral ist hier, dass die Informationen verständlich und konsistent kommuniziert werden sowie mit realistischen und konkreten Handlungsempfehlungen einhergehen. Ernährungsempfehlungen in Verbindung mit einem Saisonkalender als Instrument zur Verbraucherinformation sind ggf. leichter verständlich als andere Instrumente, wie z. B. CO₂-Label (Schaefer und Blanke 2014), da sie einfache, kognitiv leicht zu erfassende Botschaften transportieren (z. B. „Erdbeeren vorzugsweise im Frühsommer“, „kein Gemüse aus beheizten Gewächshäusern“). Sie werden bereits von vielen Beratungsstellen genutzt und können einen Beitrag zur Förderung einer nachhaltigen und bewussten Ernährungskultur leisten (z. B. MULEWF-RLP 2014).

Dabei sollte klar vermittelt werden, dass in bestimmten Jahreszeiten nicht auf gesundheitsfördernde Ernährung verzichtet werden sollte, sondern auf Alternativen verwiesen werden (z. B. „im Winter Freiland-Feldsalat anstatt Blattsalat aus der Gewächshausproduktion“). Allerdings muss auch hier bemerkt werden, dass die Empfehlungen für einzelne Konsumenten immer noch recht kompliziert sind – v. a. im Hinblick auf das recht geringe Potenzial zur THG-Minderung. Implizite Ansätze zur Förderung des Verzehrs saisonaler Lebensmittel könnten bevorzugt auch in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung (Mensen, Betriebsgastronomie) umgesetzt werden.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Eher als gering einzuschätzen.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Die höheren THG-Emissionen nichtsaisonaler Produkte im Vergleich zu saisonalen beruhen im Wesentlichen auf dem damit verbundenen Einsatz fossiler Energien. Ein Rückgang nichtsaisonaler Produkte geht mit einem Rückgang des Energieeinsatzes einher. Energiebedingte THG-Emissionen sind in der THG-Berichterstattung erfasst.

Bewertung: Die Ermittlung des Reduktionspotenzials von Emissionen durch saisonale Freilandproduktion ist mit großen Unsicherheiten behaftet, das Einsparpotenzial ist aber als eher gering einzustufen. Auch ist die Umsetzung aufgrund der klimatischen Bedingungen in Deutschland schwierig. Die höheren THG-Emissionen nichtsaisonaler Produkte im Vergleich zu saisonalen beruhen im Wesentlichen auf dem damit verbundenen Einsatz fossiler Energien. Daher sind mit regenerativen Energien beheizte Gewächshäuser oder gekühlte Lagerräume hinsichtlich ihrer Klimarelevanz besser zu beurteilen. Wie auch bei der Maßnahme 5.3.8 (Konsum regionaler Produkte) schmälert sich das zur Verfügung stehende Nahrungsangebot bedeutend, wenn konsequent auf nichtsaisonale Produkte verzichtet wird, was als eher unrealistisch anzusehen ist.

5.3.10 Konsum frisch zubereiteter Lebensmittel

Bezeichnung der Maßnahme: Reduzierung der THG-Emissionen durch erhöhten Konsum frisch zubereiteter Lebensmittel anstelle von Fertigprodukten (insbesondere Tiefkühlprodukten) sowie konservierten Lebensmitteln (Konserven, Trocken- und Tiefkühlprodukten).

Beschreibung der Maßnahme: Der Verarbeitungsgrad der konsumierten Lebensmittel in Deutschland nimmt stetig zu (Hoffmann 2015). Oftmals wird angenommen, dass bei der Herstellung stark verarbeiteter Produkte durch die Fertigungsprozesse, den Transport der Rohstoffe, die Kühlung und Verpackung mehr Treibhausgase emittiert werden als bei der Erzeugung und Vermarktung frischer Lebensmittel (z. B. MULEWF-RLP 2014). Durch die mitunter sehr komplexen Verarbeitungs- und Zubereitungsprozesse¹⁶⁵ muss sich die Darstellung des Minderungspotenzials hier auf den exemplarischen Vergleich einiger frisch zubereiteter Lebensmittel mit Fertigprodukten (Tiefkühlprodukten) sowie konservierten Lebensmitteln (Konserven, Trocken- und Tiefkühlprodukten) beschränken.

Maßnahmenszenario und THG-Minderungspotenzial: Aufgrund einer unzureichenden Datenlage wird hier kein konkretes Szenario definiert und kein Minderungspotenzial berechnet, sondern nur die Klimawirksamkeit diskutiert. Etwa 20 % aller Emissionen, die bei der Produktion eines Fertiggerichts anfallen, entstehen bei der Weiterverarbeitung der Rohstoffe – maßgeblich bedingt durch energieintensive Prozesse wie Trocknung, Kühlung, Erhitzung (Wiegmann et al. 2005).¹⁶⁶ Während bei Fleischprodukten die Unterschiede zwischen Tiefkühl- oder Fertigprodukten und Frischware aufgrund der relativ hohen landwirtschaftlichen Emissionen nicht sonderlich ins Gewicht fallen, steigen bei gemüse- und getreidebasierten Produkten die Gesamtemissionen durch die zusätzliche Verarbeitung zu Fertigprodukten stark an. Im Gesamtvergleich bleiben jedoch die Emissionen von gemüse- und getreidebasierten Fertiggerichten unter dem Niveau der verarbeiteten Fleischgerichte (Wiegmann et al. 2005). Allerdings können bei Trocken- oder Fertigprodukten, die ein aufwändiges Entwässerungsverfahren benötigen (wie Apfelringe, Tiefkühl-Pommes oder Kartoffelpuffer) die Gesamtemissionen auch so stark ansteigen, dass die THG-Emissionen des Fertigprodukts ein mit Fleisch vergleichbares Niveau erreichen.

Wie in Kapitel 2.4.1 dargestellt (s. Tab. 2.8), kann nicht von einer generellen Klimaschädlichkeit von Tiefkühl- bzw. Fertigprodukten ausgegangen werden. Durch das Verhalten in den Haushalten (z. B. Lagerung in energieeffizienten Kühlschränken, Lagerungsdauer¹⁶⁷, energiesparende Zubereitung) können sich höhere Einsparpotenziale ergeben als durch die kategorische Favorisierung einer bestimmten Angebotsform von Lebensmitteln.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Vermiedene Emissionen sind als dauerhaft anzusehen, da pro konsumierter Einheit an Lebensmitteln weniger THG emittiert wurden.

¹⁶⁵ Besonders sind hierbei Speisenkombinationen zu erwähnen, wie sie z. B. bei Essen auf Rädern üblich sind (z. B. Rindsroulade mit Leipziger Allerlei und Kartoffeln). Bevor diese Speisen zubereitet werden, kommen sie z. T. schon tiefgefroren aus anderen Ländern, werden zubereitet, wieder tiefgekühlt etc.

¹⁶⁶ Beispielhaft von Wiegmann et al. (2005) untersuchte Fertiggerichte enthielten Anteile von 60 % Gemüse und je 20 % Fleisch und Teigwaren.

¹⁶⁷ Geht man von den typischen Handelsannahmen zur Lagerungsdauer in Haushalten von 30 bis 90 Tagen aus, schneiden Tiefkühlprodukte besser ab als Konserven. Werden Tiefkühlprodukte jedoch länger als ca. 3 Monate gelagert, resultiert daraus ein größerer *Carbon Footprint* als bei frisch zubereiteten Lebensmitteln (Wiegmann et al. 2005).

Wenn die Verbraucher und Verbraucherinnen ihr Verhalten wieder ändern würden, würden keine weiteren Minderungen auftreten.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Aus ernährungsphysiologischer Sicht werden Fertigprodukte oft schlechter bewertet als frisch zubereitete Lebensmittel – z. B. aufgrund oftmals höherer Gehalte an Fett, Zucker und Salz (MULEWF-RLP 2014).¹⁶⁸ Auch der Gehalt an Aroma-, Konservierungs- und Farbstoffen ist in Fertigprodukten höher. Allerdings muss nicht jedes Fertigprodukt *per se* ernährungsphysiologisch unausgewogen sein. Tiefkühlkonservierte Produkte wie Gemüse können im Vergleich zu Frischware höhere Gehalte an wertgebenden Inhaltsstoffen enthalten. Außerdem erhalten sich diese bei der Lagerung länger.

Da frische Lebensmittel schneller verderben (v. a. Obst, Gemüse und Backwaren), können Zielkonflikte durch ein erhöhtes Abfallaufkommen auftreten (Kranert et al. 2012). Die Menge an weggeworfenen Lebensmitteln kann mit geeigneter Haltbarmachung (Konserven, Tiefkühlung) reduziert werden. Allerdings ist bei Tiefkühlagerung die Lagerungsdauer für die Gesamtemissionen entscheidend. Informationsmaterialien zum Konsum frisch zubereiteter Lebensmittel sollten entsprechende Hinweise auf eine optimale Lagerung/Zubereitung/Konservierung im Haushalt enthalten.

Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Ähnlich unsicher wie die erreichbaren THG-Einsparungspotenziale fällt auch die Einschätzung über die Kosten der Maßnahme aus. Obwohl die Zubereitung frischer Produkte kostenmäßig mitunter günstiger als der Kauf von Fertigprodukten eingeschätzt wird (Verbraucherzentrale Hamburg 2011), kann dies nicht pauschalisiert werden. So gelten z. B. für nicht weiterverarbeitete Tiefkühlwaren (wie Gemüse) oder Konserven diese pauschalen Preisunterschiede nicht. Der zeitliche Aufwand der Konsumenten und Konsumentinnen z. B. für Einkauf, Informationsbeschaffung und Zubereitung erhöht sich außerdem stark.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Grundsätzlich ist die Kaufentscheidung über Lebensmittel unterschiedlicher Angebotsformen den Konsumenten zu überlassen. Das größte Problem in der Umsetzung der Maßnahme liegt allerdings in dem erhöhten zeitlichen Aufwand, der zur Zubereitung frischer Lebensmittel erforderlich ist. Aufgrund sich ändernder gesellschaftlicher Strukturen (z. B. Berufstätigkeit beider Elternteile) ist dies in immer geringerem Umfang möglich. Für Verbraucher mit einem geringen Einkommen mag ein möglicher Preisvorteil frisch zubereiteter Lebensmittel im Vergleich zu Fertigprodukten den erhöhten Zeitaufwand teilweise kompensieren (wie oben beschrieben trifft dies aber nicht auf alle Lebensmittel zu). Insgesamt ist die (kurz- und mittelfristige) Umsetzbarkeit der Maßnahme als eher gering anzusehen.

¹⁶⁸ Dies gilt auch für viele Sojaprodukte mit einem hohen Verarbeitungsgrad, die oft Grundlage für eine vegane Ernährungsform sind.

Mögliche Politikmaßnahmen: Gesundheitsfördernde und umweltbewusste Ernährung wird schon jetzt umfassend in Fernsehen, Zeitschriften und sonstigen Informationskampagnen thematisiert – mit unklaren Konsequenzen für das tatsächliche Konsumverhalten. Oftmals liegt dies daran, dass die Anforderungen für die Zubereitung der Speisen (hinsichtlich Zeit, aber auch Wissen und Können) relativ hoch sind.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Solche Effekte sind als gering einzuschätzen. So ist – wie beschrieben – auch die Lagerung und Zubereitung unverarbeiteter Lebensmittel mit Emissionen verbunden, die – obwohl nur wenige Studien verfügbar sind – in etwa den zusätzlichen Emissionen aus der Herstellung von Fertigprodukten entsprechen. Allerdings kommt zu den THG-Emissionen aus der Verarbeitung (im Ernährungsgewerbe) die Emission in der Haushaltsphase noch hinzu (z. B. beim Zubereiten in der Mikrowelle).

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Wenn sich maßnahmebedingt der Verbrauch fossiler Energien ändert, schlägt sich dies in der Quellgruppe Energie nieder.

Bewertung der Maßnahme: Die Abschätzung des gesamten THG-Minderungspotenzials ist aufgrund der schlechten Datenlage schwierig. Aufgrund der wenigen verfügbaren Daten scheinen die Möglichkeiten zur Reduzierung von THG durch vermehrten Konsum frischer Lebensmittel relativ begrenzt zu sein. Die verfügbaren Studien deuten an, dass sich durch das Verhalten in den Haushalten (z. B. Lagerung in energieeffizienten Kühlschränken, energiesparende Zubereitung) höhere Einsparpotenziale ergeben als durch die kategorische Favorisierung einer bestimmten Angebotsform von Lebensmitteln.

5.3.11 Konsum von Produkten aus der ökologischen Landwirtschaft

Bezeichnung der Maßnahme: Erhöhter Konsum von zertifizierten Ökolebensmitteln

Beschreibung: In den meisten Ratgebern für ein „klimafreundliches“ Ernährungsverhalten wird neben einer Reihe von anderen Maßnahmen auch der Konsum von Ökolebensmitteln empfohlen. Begründet wird dies damit, dass der Ökolandbau bei vielen Produkten eine niedrigere Treibhausgasbilanz hat. Wie schon in Kapitel 5.2.8 erläutert, hat der Ökolandbau auf die Fläche bezogen tatsächlich niedrigere THG-Emissionen, aufgrund der niedrigeren Erträge und Leistungen jedoch häufig eher etwa gleich hohe oder nur leicht verminderte oder in einigen Fällen höhere produktbezogene THG-Emissionen. Letztlich sind die Ergebnisse sehr standort- und managementabhängig. Zu berücksichtigen ist hierbei zudem der höhere Flächenbedarf des ökologischen Landbaus. Von daher scheint der Konsum von Ökolebensmitteln keine eindeutige „Klimamaßnahme“ zu sein.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass Ökolebensmittel teurer – z. T. sogar deutlich teurer – sind als konventionell erzeugte Lebensmittel. Nach Haubach und Held (2015) führt ein Umstieg von kon-

ventionellen auf ökologische Produkte im Ernährungsbereich bei unverändertem Konsumverhalten im Durchschnitt zu einem Anstieg der Kosten in Höhe von 10 %, bezogen auf den gesamten privaten Konsum. Dies kann auf verschiedene Art und Weise klimarelevant sein:

- Die höheren Kosten für den Lebensmittelkonsum führen – ein konstantes Konsumbudget unterstellt – dazu, dass an anderer Stelle dann weniger konsumiert wird und damit je nach eingeschränkter Konsumaktivität weniger Ressourcen verbraucht und weniger THG-Emissionen verursacht werden. Dieser Zusammenhang ist eher für Haushalte mit niedrigerem Einkommen zu erwarten. Da jedoch nach Plaßmann und Hamm (2009: 45) „der Lebensmittelkonsum umso preisbewusster erfolgt, je mehr auf das zur Verfügung stehende Haushaltsbudget geachtet werden muss“, kauft diese Gruppe auch weniger Ökoprodukte (vgl. Schröck 2013)¹⁶⁹, weshalb der zuvor dargestellte Effekt auf die Treibhausgase, wenn überhaupt, eher gering ausfällt. Bei Haushalten mit höherem Einkommen ist eher zu erwarten, dass der Kostenanstieg zu keinem nennenswerten Konsumverzicht an anderer Stelle führt. Hierzu liegen allerdings keine empirischen Ergebnisse vor.
- Die durch einen vermehrten Konsum von Ökolebensmitteln entstehenden Mehrkosten können durch eine Änderung der Konsummuster deutlich verringert werden, indem z. B. der Fleischkonsum reduziert wird. Der Preisunterschied zwischen ökologischen und konventionellen Lebensmitteln ist bei Fleischprodukten häufig um ein Mehrfaches höher als bei pflanzlichen Erzeugnissen. Eine Reduktion des Fleischkonsums schafft demnach Spielräume für Preisaufschläge bei den pflanzlichen Produkten. Tatsächlich gibt es einige empirische Hinweise, dass Konsumenten, die Ökoprodukte kaufen, auch weniger Fleisch nachfragen. So stellte Köhler (2008) durch eine Konsumentenbefragung in Bayern fest, dass der Fleischkonsum der Nicht-Öko-Käufer im Durchschnitt signifikant höher ist als der der Öko-Käufer und dass der Anteil der Vegetarier in der Gruppe der regelmäßigen Öko-Käufer dreimal so hoch ist wie in der Gruppe der Nicht-Öko-Käufer. Nach Hamm et al. (2011) geht eine Ausweitung des Konsums ökologisch erzeugter Produkte oftmals mit einer Erhöhung des Anteils pflanzlicher Produkte am gesamten Lebensmittelkonsum einher. Allerdings stellt sich die Frage, ob die Konsumenten von Bioprodukten eher grundsätzlich weniger Fleisch essen (dies also eine Grundhaltung ist oder infolge einer damit verbundenen stärkeren Auseinandersetzung mit dem Ess- bzw. Kaufverhalten wird) oder dies eine – u. a. preisbedingte – Folge des vermehrten Kaufs von Bioprodukten ist. Nur im zweiten Fall würden bei einem zunehmenden Konsum von Bioprodukten die Fleischnachfrage und damit auch die THG-Emissionen zurückgehen. Hierzu sind jedoch keine empirischen Untersuchungen bekannt. Vermutlich gibt es beide Effekte.
- Schließlich erfahren höherpreisige Lebensmittel möglicherweise mehr Wertschätzung als billige Produkte und werden deshalb weniger häufig weggeworfen, was entsprechend positive Wirkungen auf die THG-Emissionen hat.

¹⁶⁹ Schröck (2013) stellt anhand von Daten zweier Haushaltspanels der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) fest, dass mit steigendem Einkommen die Konsumenten eher bereit sind, den Preisaufschlag für Bioqualität zu zahlen und ein steigender Bioanteil realisiert wird.

Maßnahmenszenario: Den Angaben des Bundes Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW) zufolge beträgt der Marktanteil für Bioprodukte am Gesamtmarkt etwas mehr als 4 % – mit steigender Tendenz. Von 2014 auf 2015 ist der Bioumsatz um 11 % gestiegen (BÖLW 2016). Es wird ein weiteres Wachstum prognostiziert. Ein aus Klimasicht anzustrebender Anteil lässt sich aufgrund der unsicheren Zusammenhänge nicht ableiten.

THG-Minderungspotenzial: Aufgrund der begrenzten Datenlage und unsicheren Zusammenhänge nicht berechenbar.

Kostenwirksamkeit: Nicht berechenbar, hängt von Art und Umfang der Informationsmaßnahmen ab, mit denen man versuchen würde, den Konsum von Bioprodukten noch stärker zu stimulieren.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Siehe Kap. 5.2.8 (Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft). Wenn allerdings eine Ausweitung des Konsums von Lebensmitteln aus ökologischer Landwirtschaft zu einer Erhöhung des Anteils pflanzlicher Produkte führt, dann würde sich die zusätzliche Flächeninanspruchnahme (geringere Flächenerträge in der ökologischen Landwirtschaft) verringern.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Mit ökologischer Landwirtschaft sind positive Auswirkungen auf Biodiversität, Grünlanderhalt, Boden- und Grundwasserschutz und Tierschutz verbunden. Allerdings werden die Lebensmittelkosten durch einen vermehrten Konsum von Ökoprodukten steigen. Im fachlichen Diskurs besteht außerdem Uneinheitlichkeit darüber, ob die Welternährung mit ökologischem Landbau gesichert werden kann (siehe z. B. Kirchmann et al. 2016).

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Siehe Kap. 5.2.8 für die Abbildbarkeit einer Ausdehnung des ökologischen Landbaus in Deutschland. Geht die Ausdehnung des Konsums von Produkten aus dem Ökolandbau in Deutschland mit einer Zunahme entsprechender Importe einher, geht dies nicht in die nach dem Territorialprinzip aufgebaute Emissionsberichterstattung für Deutschland ein.

Mögliche Politikmaßnahmen: Informationsmaßnahmen, wie sie schon jetzt im Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft angeboten werden.

Bewertung: Die ökologische Landwirtschaft kann nicht pauschal als Klimaschutzmaßnahme empfohlen werden. Ein vermehrter Konsum von Biolebensmittel führt in erster Linie nur indirekt zu verminderten THG-Emissionen, wenn preisbedingt gleichzeitig der Konsum grundsätzlich verringert wird und/oder veränderte Konsummuster damit einhergehen (z. B. verringertes Fleischkonsum). „Mit dem ökologischen Landbau können [...] andere flächenbezogene Umweltziele erreicht werden, z. B. durch verminderte Nährstoffausträge in Wasserschutzgebieten oder Auenlandschaften und bei Biodiversitätsfragen. [...] Insgesamt gilt es im Ökologischen Landbau ebenso wie im konventionellen Landbau, Effizienzreserven durch Management zu mobilisieren und durch

Positivbeispiele besonders gut wirtschaftender Betriebe zu fördern.“ (Osterburg et al. 2013a: 85). Eine gezielte Bewerbung eines reduzierten Konsums tierischer Produkte (s. Kap. 5.3.2) wird im Hinblick auf den Klimaschutz wahrscheinlich effektiver sein als der Umweg über die Förderung des Konsums von Bioprodukten.

5.4 Maßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft

Auf die Besonderheiten der CO₂-Bilanzierung der Forstwirtschaft und Holzverwendung wurde in Kapitel 2.3.2 hingewiesen. Die Maßnahmen im Forstbereich beziehen sich auf die Waldfläche, die Bewirtschaftung der Wälder einschließlich der Nutzung des Holzes. Maßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft wirken sich in der Regel in unterschiedlichem Maß auf die verschiedenen Leistungen und Funktionen des Waldes aus. In diesem Kapitel richtet sich der Fokus auf die Auswirkungen bestimmter Maßnahmen auf die CO₂-Senkenfunktion der Wälder und der Holzproduktion, die direkt mit der Mitigationsleistung der Forstwirtschaft in Beziehung stehen. Alle Wechselbeziehungen der Maßnahmen zu anderen Waldfunktionen fließen, soweit sie im Sinne des Gutachtens relevant sind, in die Darstellung der „Synergien und Konflikte mit anderen Zielen“ und die „Bewertung“ mit ein. Wegen der hohen Abhängigkeit der inländischen Holzverarbeitung vom inländischen Rohholzangebot (Seintsch 2011) beeinflussen Produktionseinschränkungen nicht nur die Forstwirtschaft, sondern schlagen auch auf die Holzwirtschaft durch. Zur Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen der Änderung der Holznutzung und der Änderung der Wertschöpfung wird im Folgenden auf einen Ansatz von Dieter (2008) Bezug genommen, der das Phänomen aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive aufzeigt. Für eine regional stärker differenzierte Bewertung fehlen die notwendigen Informationen über die Warenströme und die betrieblichen Kennzahlen in tieferer regionaler Untergliederung. Konkret besteht der Ansatz darin, die Effekte einer Veränderung des Rohholzangebots auf das Cluster Forst und Holz mithilfe der *Input-Output*-Analyse (Leontief 1936) zu ermitteln. Die dabei verwendete physische *Input-Output*-Tabelle (Bösch et al. 2015) bildet den Holzfluss durch Deutschland ab. Die so ermittelten Effekte in Mengeneinheiten (m³ Faseräquivalent) werden anschließend proportional auf die aus der nationalen Clusterstatistik Forst und Holz (z. B. Becher 2015) bekannten Werte der Bruttowertschöpfung übertragen. Die Kosten der Klimaschutzmaßnahme sind dann die Summe der entgangenen Bruttowertschöpfungen in den einzelnen Industrien (Bösch et al. i. V.). Dieses Vorgehen impliziert, dass keine Preis- und damit Substitutionseffekte angestoßen werden, was z. B. dann gilt, wenn die Unternehmen des deutschen Clusters Forst und Holz die Angebotsmengen für ihre Produkte auf den Weltmärkten entsprechend der jeweiligen Nachfrage anpassen.

Führen die forstwirtschaftlichen Maßnahmen zu einer Veränderung der landwirtschaftlichen Produktion, wie z. B. im Fall von Erstaufforstungen, so werden diese Opportunitätskosten durch die entgangenen Gewinne auf den entsprechenden landwirtschaftlichen Flächen ausgewiesen. Gewisse Maßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft führen nicht zu Produktionseinschränkungen in anderen Bereichen, sind aber mit Investitions- oder Umsetzungskosten verbunden (z. B. Kosten für Kulturbegründung). Diese müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Mit dem beschriebenen Vorgehen wird die Veränderung der Güterproduktion abgeschätzt und bewertet. Unberücksichtigt bleibt die Entwicklung des Wertes des stehenden Holzvorrates. Wird z. B. auf Holznutzung in einer Periode verzichtet, erhöht sich wegen des höheren Risikos von Schäden der Vorratswert nur in gewissen Grenzen. Gemessen an den Werten der Produktion im Cluster Forst und Holz sind diese Änderungen der Vorratswerte aber eher gering. Sie werden deshalb vernachlässigt, zumal ihre Bestimmung eine eigene Waldwertmodellierung für Deutschland nötig gemacht hätte.

Die weitgehende Beschränkung auf das Vorleistungsgut Holz vernachlässigt die Tatsache, dass Wälder auch eine Vielzahl an öffentlichen Gütern bereitstellen. Klimaschutzmaßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft können die Menge und Qualität dieser öffentlichen Güter verändern. Eine vollständige volkswirtschaftliche Betrachtung müsste daher die unterschiedliche Versorgung mit öffentlichen Gütern berücksichtigen. Dies ist im vorliegenden Fall aber nicht möglich, da bei vielen klimapolitischen Maßnahmen der Zusammenhang zwischen dieser und der Bereitstellung der einzelnen öffentlichen Güter nicht bekannt ist und zudem nur für einen Teil der öffentlichen Güter Schätzungen ihrer monetären Werte vorliegen (siehe TEEB-Studie: Elsasser et al. 2009, 2016).

Die in Kapitel 2.3.2 dargestellten durchschnittlichen jährlichen Nettospeicherungen bzw. vermiedenen Emissionen für den Zeitraum 2013 bis 2020 bilden den Referenzlevel für das THG-Monitoring. Die Quantifizierung dieser C-Flüsse basiert auf Berechnungen mit dem Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodell WEHAM (WEHAM 2012). Die Ergebnisse stellen keine Voraussage der tatsächlichen Entwicklung dar, sondern lediglich eine plausible und mögliche Projektion unter bestimmten Annahmen der künftigen Waldbewirtschaftung (Bundesrepublik Deutschland 2011, Krug et al. 2011).

Die Auswirkungen unterschiedlicher Klimaschutzmaßnahmen in der Forstwirtschaft werden nachfolgend auf Basis von Maßnahmenzenarien vorgestellt. Diese wurden z. T. bewusst als extreme Varianten möglicher Entwicklungen ausgestaltet, um mit ihnen einen Handlungskorridor abzustecken, in dem sich die künftigen Entwicklungen wahrscheinlich abspielen werden. Soweit möglich, wurden die im Folgenden verwendeten Szenarien auf Basis der Bundeswaldinventur 2012 berechnet. Bei den Szenarien und den Berechnungen der Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmen wurde soweit wie möglich mit Durchschnittswerten für den gesamten deutschen Wald gearbeitet. Diese Vereinfachung führt einerseits dazu, dass Unterschiede zwischen Regionen, Standorten, Baumarten oder Waldbesitzformen nicht berücksichtigt werden. Dies führt zwangsläufig zu Ungenauigkeiten, die aber hinsichtlich ihrer Größenordnung im Hinblick auf die Ableitung von Empfehlungen für die Politik zu vernachlässigen sind. Andererseits gewährleistet die Arbeit mit durchschnittlichen Werten und mit eingeführten Prognosewerkzeugen, dass die Ergebnisse leichter nachvollzogen werden können. Für das Variantenstudium in Kap. 5.4.3 musste auf Szenarien auf Grundlage der Inventurstudie 2008 (IS 08, Oehmichen et al. 2011) zurückgegriffen werden, weil für die dritte Bundeswaldinventur (BWI 2012) bisher nur das sogenannte Basiszenario zur Verfügung steht. Es ist aber davon auszugehen, dass diese Unterschiede in den

Datengrundlagen keinen gravierenden Einfluss auf die Bewertung der Auswirkungen der untersuchten Szenarien haben. Zwischen der Inventurstudie (2008) und der BWI (2012) bestehen geringfügige Unterschiede, z. B. in den ermittelten Flächen, was bei einem direkten Vergleich der Szenarien auf ihrer Basis mit denen auf BWI 3-Basis beachtet werden muss. Die hier dargestellten Szenarien und die aus ihnen abgeleiteten Mitigationspotenziale beruhen auf der Annahme konstanter Produktivitäten, was angesichts des Klimawandels nicht realistisch ist.

Bei den Maßnahmen werden ebenfalls die durch die Holznutzung erzielbaren Substitutionspotenziale ausgewiesen. Die Bestimmung der für Substitution verfügbaren Holzmengen erfolgte auf Basis der in Rüter (2011a, b) und Rüter et al. (2011) dargelegten Methodik. Zudem wurde aus den in Jochem et al. (2015) publizierten Daten über den Zeitraum 2002 bis 2012 der Anteil des direkt als Energieholz genutzten Holzes bestimmt. Der verbleibende Rest wurde proportional zu den in Rüter (2011a) berichteten Anteilen den Klassen „mit stofflicher Substitution“ und „ohne Substitutionseffekt“ (nicht ersetzbar) zugeordnet. Bei den Produkten mit stofflicher Substitution wurde am Ende der Nutzung ein Erfassungsgrad von 70 % und anschließende energetische Nutzung angenommen. Für die Substitutionseffekte wurden dieselben Werte angenommen wie in den Studien 2011, d. h. für die energetische Substitution wurden 0,67 t C/t C (Rüter 2011a) und für die stoffliche 2,1 t C/t C (Sathre und O'Connor 2010) angesetzt. Das ermittelte gesamte Substitutionspotenzial wurde dann wie in Rock und Bolte (2011) beschrieben auf die im selben Zeitraum nach BWI (2012) erhobenen Abgänge zurückgerechnet, sodass sich durchschnittliche Substitutionsfaktoren pro Tonne Kohlenstoff im „durchschnittlich geernteten Holz“ ergeben, welche seine stoffliche und energetische Nutzung umfassen. Dieses Vorgehen war nötig, da keine aktuellen Daten für die stoffliche Substitution vorlagen und auf die von WEHAM ausgewiesenen Nutzungspotenziale zurückgegriffen werden musste. Es wurde ferner vereinfachend davon ausgegangen, dass die Substitutionsfaktoren von Laub- und Nadelholz für die energetische und stoffliche Verwendung jeweils gleich sind. Da aber Laub- und Nadelholz in unterschiedlichen Anteilen stofflich oder energetisch genutzt werden, ergeben sich für Laub- und Nadelholz unterschiedliche Substitutionsfaktoren für das „durchschnittlich geerntete Holz“ in Höhe von 0,97 t C/t C für Laubholz, 1,37 t C/t C für Nadelholz und 1,22 t C/t C für den Gesamtmix nach Jochem et al. (2015). Dieser Wert wurde von Rock und Bolte (2011) noch mit 1,35 bestimmt und ist in den letzten Jahren durch die zunehmende primäre Nutzung von Holz direkt zu energetischen Zwecken zurückgegangen.

Das in Kapitel 5.4 ermittelte Substitutionspotenzial, das dem „durchschnittlich geernteten Holz“ zugeordnet wurde, darf nicht mit einer realen Substitutionsleistung gleichgesetzt werden. Zum einen basiert der von Sathre und O'Connor (2010) ermittelte stoffliche Substitutionsfaktor auf Ökobilanzstudien mit jeweils unterschiedlichen Systemgrenzen, die sich zudem überwiegend mit im Baubereich eingesetztem (Nadel-)Holz befassen. Neuere, noch unveröffentlichte Studien, die die mögliche Substitutionswirkung der gesamten Holzverwendung auf Basis der für die Berechnung maßgeblichen neuen europäischen Normen abbilden (s. Kap. 5.5), zeigen für die EU niedrigere Faktoren. Zum anderen ist auch die Annahme einer gleichen Substitutionswirkung von Laub- und Nadelholz mit Unsicherheiten verbunden, da im Baubereich, für den detaillierte Ökobilan-

zuntersuchungen vorliegen, auf welchen die Substitutionsberechnungen beruhen, bislang wenig Laubholz eingesetzt wird. Somit wird bei dem hier verwendeten Substitutionsfaktor für das „durchschnittlich geerntete Holz“ davon ausgegangen, dass Laubholz funktional äquivalent im Baubereich eingesetzt werden kann. Letztlich führt auch ein Fortgang des derzeitigen Trends zur verstärkten direkten Nutzung von Holz als Energieträger zu einer veränderten Substitutionswirkung. Für Vergleiche zwischen verschiedenen waldbezogenen Maßnahmen hat dies keine Auswirkungen. Bei Vergleichen mit Maßnahmen aus anderen Bereichen sollten die hier ausgewiesenen Potenziale als theoretisches, unter derzeitigen Bedingungen ohne zusätzliche Anstrengungen im Produktbereich nicht erreichbares Maximum angesehen werden.

Für die Bewertung der Szenarien wird angenommen, dass die Menge an konsumierten Gütern und Leistungen insgesamt konstant bleibt. Das bedeutet, dass eine Ausweitung der Holzverwendung in entsprechenden Bereichen zu positiven Substitutionseffekten führt, während eine Reduzierung negative Substitutionen bewirkt (vgl. Rüter et al. 2011). Als Bezug wird das jeweilige Basisszenario verwendet.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der mit dem Modell WEHAM gerechnete Simulationszeitraum den Betrachtungszeitraum der Maßnahmenzenarien auf 40 Jahre begrenzt, was für die vorliegenden Fragestellungen an sich zu kurz ist. Aufgrund der langen Produktionszeiträume und des Altersklassenaufbaus der Wälder in Deutschland werden hierdurch wesentliche Zeitabschnitte hinsichtlich ihrer Klimaschutzleistungen ausgeblendet. Angemessener wäre es gewesen, ganze Produktionszyklen zu betrachten, die in Deutschland in der Regel mehr als 100 Jahre umfassen. Hierfür liegen aber keine Simulationen vor. Zudem wird die Einschätzung der bei ökonomischen Bewertungen zu unterstellenden Erlöse und Kosten sowie der Substitutionspotenziale mit der Dauer der Betrachtungszeiträume zunehmend spekulativer. Weiterhin spricht für einen kürzeren Betrachtungszeitraum, dass die kommenden Jahrzehnte für den Klimaschutz und die darauf ausgelegte Politik entscheidend sind. Der gewählte Betrachtungszeitraum wird daher als ein Kompromiss zwischen der Erfassung der wichtigsten Klimawirkungen der unterstellten Maßnahmen und der Belastbarkeit der getroffenen Annahmen angesehen, der eine gut begründete Bewertung erlaubt.

5.4.1 Aufforstung, Wiederaufforstung und Vermeidung von Entwaldung

Bezeichnung der Maßnahme: Vermehrung der Waldfläche

Beschreibung: Dieser international mit „*Afforestation, Reforestation and Deforestation*“ (abgekürzt „ARD“) bezeichnete Komplex stellt das Saldo der durch Landnutzungsänderungen bedingten Einflüsse auf die Treibhausgasbilanz des Waldes dar. Die international unter dem Kürzel *ARD* zusammengefasste Bilanz der Landnutzungsänderung „von“ und „zu“ Waldfläche bildet einen wichtigen Teil der Treibhausgasbilanzierung und -berichterstattung (UBA 2014b).

Eine (Wieder-)Aufforstung (A/R) bindet atmosphärischen Kohlenstoff in der unter- und oberirdischen Biomasse der Waldbestände und den Waldböden. Ab einem bestimmten Bestandesalter wird Holz genutzt und nachfolgend zusätzlich Kohlenstoff in Holzprodukten gespeichert. Die Holzprodukte ersetzen Produkte mit einem höheren Treibhausgasausstoß bei deren Produktion. Dadurch entstehen Substitutionseffekte. Bei der Berechnung und Bewertung der Maßnahme wird wie in der Treibhausgasberichterstattung nicht zwischen Aufforstung und Wiederaufforstung unterschieden, da diese Unterscheidung nur an konkreten Flächen getroffen werden kann. Im Folgenden wird der im forstlichen Sprachgebrauch gebräuchliche Begriff „Erstaufforstung“ verwendet.

Die Grundlagendaten der Berechnungen stammen aus der dritten Bundeswaldinventur (BWI 3) und der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) oder sind hergeleitet mit dem Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodell (WEHAM) auf Basis der Bundeswaldinventur (BWI 2012). Für die Berechnung der Auswirkungen der Entwaldung, sprich die Umwandlung von Wald in andere Landnutzungsformen, werden Durchschnittswerte der Kohlenstoffvorräte pro Flächeneinheit für Entwaldungsflächen verwendet. Diese basieren auf den Daten der Bundeswaldinventur. Diese Durchschnittswerte umfassen die Phytomasse in der ober- und unterirdischen Biomasse, der Streu sowie im Totholz (UBA 2014b).

Maßnahmenszenarien: Die Maßnahmenszenarien beinhalten unterschiedliche Annahmen bzw. Varianten zur Aufforstung (inkl. Wiederaufforstung, A/R) und zur Entwaldung (D). Die Betrachtung umfasst den Zeitraum 2013 bis 2050. Für die Erstaufforstung (A/R) werden zwei verschiedene Varianten betrachtet (s. nachfolgend). Im Referenzszenario findet keine Erstaufforstung statt. Es spiegelt eine Situation wider, in der die Preise für landwirtschaftliche Flächen sehr hoch sind und Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für die Inanspruchnahme von Wald für andere Flächennutzungen nicht durch Erstaufforstungen, sondern durch andere Maßnahmen kompensiert werden.

- a) Mittlere jährliche Erstaufforstungsrate der ersten Verpflichtungsperiode nach dem Kyoto-Protokoll 2008 bis 2012 ($A/R_a = 14.097$ ha/Jahr).
- b) Abschätzung eines Flächenpotenzials ($A/R_b = 22.973$ ha/Jahr). In der Literatur werden verschiedene Flächenpotenziale für Aufforstungen, die Anlage von Kurzumtriebsplantagen oder die Erzeugung von Biomasse für energetische Zwecke genannt. Die Spannweite von pessimistischen bis maximalen Annahmen reicht hierbei von 5.200 bis 225.000 ha/Jahr (Burschel et al. 1993) bis insgesamt 4,6 Mio. ha (Flaig und Mohr 1993) bzw. 2,5 bis 4,0 Mio. ha (Biomasseaktionsplan der Bundesregierung, BMELV und BMU 2010). Da die realen Flächenkonkurrenzen zwischen land- und forstwirtschaftlicher Nutzung zur Biomasseproduktion dynamisch und komplex sind, wird hier pauschal von einem Aufforstungspotenzial von 5 % der landwirtschaftlichen Fläche (= 850.000 ha) ausgegangen. Dieses Szenario bildet ein mittleres Potenzial gemessen an den o. g. Annahmen ab.

Um die aktuellen Zielsetzungen der Waldbesitzer für Aufforstungsflächen zu berücksichtigen wurde angenommen, dass die Baumartenzusammensetzung der Pflanzung derjenigen der ers-

ten Altersklasse der dritten Bundeswaldinventur (BWI 2012) entspricht: 58 % Laubholz und 42 % Nadelholz.

Die gesamte Waldfläche ändert sich nicht nur durch Erstaufforstungen, sondern auch durch Waldverluste. Um die Bedeutung der Erstaufforstungen für die THG-Minderung im Kontext zu betrachten, werden sie hier mit den Emissionen aus Entwaldung verglichen. Da keine Szenarien über künftige Entwaldung (D) vorliegen, werden vor dem Hintergrund der aktuellen Gesetzeslage folgende durchschnittlichen Werte angesetzt (UBA 2014b):

- a) Mittlere Entwaldungsraten von 1990 bis 2012 ($D_a = 5.256$ ha/Jahr),
- b) Mittlere Entwaldungsraten in der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls (2008 bis 2012, Status-quo-Betrachtung) ($D_b = 4.085$ ha/Jahr).

Bei beiden Szenarien werden die direkt mit der Rodung verbundenen Emissionen (Phytomasse, Bodenkohlenstoff) sowie die dauerhafte Reduktion der Nutzungseffekte (Produktspeicher, Substitutionseffekte) berücksichtigt.

THG-Minderungspotenzial: Bei Aufforstungen (A/R) errechnet sich das THG-Minderungspotenzial durch die Multiplikation der durchschnittlichen, jährlichen Aufforstungsfläche mit dem Biomassezuwachs und der Bodenkohlenstoffanreicherung oder dem möglichen Bodenkohlenstoffverlust. Die Emission bzw. Sequestrierung des organischen C (C_{org}) im Mineralboden wird aus der Differenz zwischen den durchschnittlichen C_{org} -Mengen der unterschiedlichen Landnutzungsformen berechnet (UBA 2014b). Dabei wird angenommen, dass sich die C_{org} -Mengen in einem Übergangszeitraum von 20 Jahren linear auf das Niveau der neuen Landnutzungsform verändern. Bei der Aufforstung von Ackerland beträgt die jährliche C-Speicherungsrate im Mineralboden 0,2 t C/ha, bei der Aufforstung von Grünland beläuft sich die Emission aus der Landnutzungsänderung auf 0,74 t C/ha (UBA 2014b). In den folgenden Szenarien wird vor dem Hintergrund des derzeitigen umfassenden Grünlandsschutzes angenommen, dass in Zukunft ausschließlich Ackerland aufgeforstet wird. Die Kohlenstofffreisetzungen aus Grünlandböden würden die Sequestrierungsleistung der entsprechenden Flächen über den Angleichungszeitraum (20 Jahre nach Änderung der Flächennutzung) mehr als halbieren und die erzielbaren Minderungsleistungen entsprechend reduzieren.

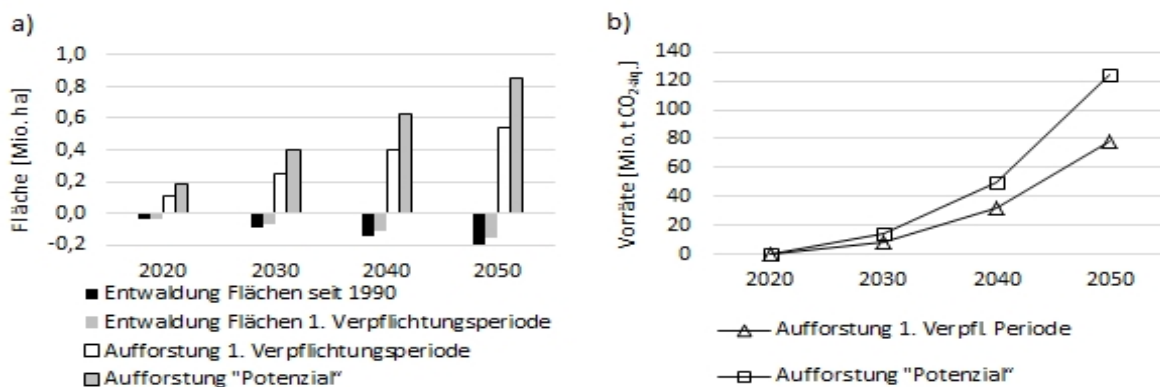
Wälder unter 40 Jahren tragen zum Rohholzpotenzial nur zu knapp 10 % bei (BWI 2012). Das genutzte Holz hat zwar überwiegend schwache Dimensionen und wird normalerweise Produkten (Industrieholz, Brennholz) mit einer relativ geringen Substitutionsleistung zugeordnet. Die Substitutionspotenziale von Aufforstungsflächen liegen jedoch vor und werden deshalb in die Berechnungen einbezogen.

Im Zeitraum 1990 bis 2012 wurden in Deutschland im Durchschnitt brutto ca. 5.000 ha/Jahr entwaldet, auch wenn diese Entwaldung durch Aufforstungen an anderer Stelle kompensiert wurde. Eine Vermeidung dieser Entwaldung wird aber nicht explizit betrachtet, da die Gesetzgebung in Deutschland diese Möglichkeit der Landnutzungsänderung grundsätzlich sehr stark begrenzt und

Entwaldung in der Regel nur im Zusammenhang mit Infrastruktur-Großprojekten in nennenswertem Umfang auftritt. Art und Lage dieser Projekte bestimmen maßgeblich, welche Emissionen bei der Entwaldung auftreten, sodass sich diese Effekte nur bedingt auf künftige Entwaldungen übertragen lassen. Die mit einer Vermeidung von Entwaldung verbundenen volkswirtschaftlichen Kosten wären somit sehr hoch und zudem nur sehr schwer zu bestimmen. Der international bedeutsame REDD-Ansatz („*Reducing Emissions from Deforestation and Degradation*“ – Reduzierung von Emissionen aus Entwaldung und Waldverwüstung) hat für Deutschland deswegen keine hohe Relevanz.

In Abb. 5.9 sind die Kohlenstofffreisetzungen durch Entwaldung und C-Speicherung durch Erstaufforstung für die oben beschriebenen Szenarien dargestellt. Bezugsfläche für die Modellierung der Entwaldungsemissionen ist die jährlich neu entwaldete Fläche. In der Treibhausgasberichterstattung werden aufgeforstete Flächen für eine Übergangszeit (Klimarahmenkonvention) oder für immer (Kyoto-Protokoll) in der Kategorie „Aufforstung“ geführt. Dies führt dazu, dass bei Pflegeeingriffen in älteren Aufforstungen entfernte Biomasse als Emission verbucht werden muss. In der Realität werden die aufgeforsteten Flächen am Stichtag der jeweiligen Bundeswaldinventur als „Wald im Sinne des Gesetzes“ erkannt und übernommen. In diesem Gutachten sind deshalb alle Flächen, die bereits vor 2012 aufgeforstet wurden, als „Wald“ berücksichtigt. Die Berechnungen zur Nettospeicherung in Aufforstungsflächen basieren auf den seit 2012 neu begründeten Flächen. Hierbei erfolgt auf der jährlich neu aufgeforsteten Fläche ein Wechsel der C-Vorräte im Vergleich zu der vorherigen Landnutzung und auf den bisher aufgeforsteten Flächen eine Zunahme an Biomasse. Da der Anteil der jährlich neu aufgeforsteten Flächen an der Gesamtfläche kontinuierlich sinkt, geht auch der Anteil der durch die Änderung der Landnutzung bedingten C-Vorratsänderung pro Hektar zurück. Etwaige C-Verluste durch Eingriffe im Rahmen von Jungwuchspflege- oder Erstdurchforstungsmaßnahmen werden in den Altersklassen, in denen sie anfallen, durch die WEHAM-Simulationen auf Basis der BWI 3 berücksichtigt. Auf diese Weise werden die Emissionsfaktoren für die gesamte Fläche der Erstaufforstungen berechnet.

Abbildung 5.9: Entwicklung von Flächen (a) und Kohlenstoffvorräten (b) (Biomasse, Streu und Totholz) verschiedener Entwaldungs- und Aufforstungsszenarien (in Mio. ha bzw. Mio. t CO₂-Äq, ohne Substitutionen)



Quelle: Berechnungen J. Rock, Thünen Institut.

Für die Aufforstungsszenarien (ohne Null-Szenario) ergeben sich am Ende der Betrachtungsperiode 2050 unterschiedliche kumulative Aufforstungsflächen von ca. 550.000 ha bis 850.000 ha. Der Flächenzuwachs erfolgt bei der „Potenzial“-Betrachtung (A/R_b) und dem „Durchschnitts“-Szenario (A/R_a) gleichläufig. Aus den Flächenveränderungen ergeben sich beim „Potenzial“-Szenario (A/R_b) hohe kumulative THG-Minderungspotenziale bis zum Jahr 2050 (ca. -156 Mio. t CO₂-Äq) und deutlich geringere beim „Durchschnitts“-Szenario“ (A/R_a , ca. -98 Mio. t CO₂-Äq). Die Flächen der Entwaldungsszenarien ($D_{a,b}$) entwickeln sich bei ähnlichem Umfang auf einem deutlich geringeren Niveau als die Aufforstungsszenarien und erreichen 2050 einen maximalen Flächenumfang von 200.000 ha. Die Nettoemissionen zeigen einen nahezu identischen Verlauf mit kumulativen THG-Emissionen von ca. 40 Mio. t CO₂-Äq. Dabei werden die geringeren Flächenverluste beim „Durchschnitts“-Szenario der ersten Verpflichtungsperiode (D_b) im Vergleich zum „1990er-Durchschnitts“-Szenario (D_a) durch höhere Holzvorratsverluste pro Hektar ausgeglichen. Aufforstungen zur Energieholznutzung stellen für die Bioenergieerzeugung eine Alternative zum landwirtschaftlichen Anbau von Energiepflanzen auf derzeit ca. 2,2 Mio. ha in Deutschland (FNR 2015) dar. Zur Bewertung einer Reduktion der Anbaufläche von landwirtschaftlichen Energiepflanzen, aus denen hauptsächlich Biogas, Biodiesel und Bioethanol produziert werden, ist insbesondere ein Vergleich mit der THG-Vermeidungsleistung von Erstaufforstungen je Flächeneinheit notwendig. Diese beträgt für die dargestellten Szenarien und Betrachtungsperiode -4,211 t CO₂-Äq/ha pro Jahr. Ein Vergleich mit den Angaben zum THG-Minderungspotenzial der genannten nachwachsenden Rohstoffe (WBA 2007) zeigt, dass Erstaufforstungen eine THG-Vermeidungsleistung haben, die ca. zweimal so hoch ist wie die von Biodiesel und Bioethanol und ca. 2 t CO₂-Äq/ha pro Jahr unter der THG-Vermeidungsleistung von Biogas liegt, wenn dieses ausschließlich für die Stromerzeugung (ohne Nutzung der Wärme) eingesetzt wird. Der Anbau von Kurzumtriebsplantagen mit der Verwendung von Hackschnitzeln in Co-Feuerungsanlagen hat im Vergleich zu Erstaufforstungen ein deutlich höheres THG-Minderungspotenzial je Flächeneinheit (ca. 18 t CO₂-Äq/ha pro Jahr) (WBA 2007).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Der Aufbau von C-Vorräten in der Phytomasse und im Mineralboden von Wäldern erstreckt sich über sehr lange Zeiträume. In den hier betrachteten Szenarien werden bis 2050 insgesamt 78,1 Mio. t CO₂ (Szenario a) bzw. 124 Mio. t CO₂ (Szenario b) aufgenommen und 20,2 Mio. t CO₂ (Szenario a) bzw. 32,0 Mio. t CO₂ (Szenario b) substituiert. Aufgrund des gesetzlichen Rodungsverbots ist der Aufbau von C-Vorräten im Prinzip nicht reversibel, dennoch finden, wie oben dargelegt, in geringem Umfang Entwaldungen statt. Bei Eintritt von großflächigen Störungen (Windwurf, Waldbrand) erfolgt unter den Verhältnissen in Mitteleuropa in der Regel keine schlagartige Freisetzung großer Mengen des gespeicherten Kohlenstoffes, denn die Störung selbst setzt nur geringe Mengen Kohlenstoff unmittelbar frei. Der Bodenkohlenstoff bleibt weitgehend unbeeinflusst und auch die Biomasse des Derbholzes bleibt zum großen Teil erhalten. Abgestorbene Bäume werden entweder für Holzprodukte verwendet oder gehen in den sich langsam zersetzenden Totholzpool über, dessen Verweilzeit im Ökosystem der von Holzprodukten mit mittlerer Lebensdauer entspricht (Herrmann et al. 2015). Zudem werden die gestörten Flächen innerhalb kurzer Zeit wieder von Freiflächenflora besiedelt

und verjüngt, sodass sich wieder Phytomasse aufbaut. Daher ist auch in dieser Hinsicht die Reversibilität gering.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Der Erhalt von Wald und die Aufforstung von landwirtschaftlichen Flächen, sofern es sich dabei nicht um artenreiches Grünland handelt, fördern in der Regel die naturschutzfachliche Wertigkeit dieser Flächen. Im Wald, wo Störungen und Modifikationen deutlich geringer und seltener sind als auf landwirtschaftliche Flächen, können sich naturnahe, standorttypische Artengemeinschaften ausbilden. Diese Vorteile wirken sich insbesondere in strukturarmen, von der Landwirtschaft dominierten Landschaften mit geringer Habitatdiversität positiv aus (Baum et al. 2012a, b).

Erstaufforstungen erhöhen langfristig die CO₂-Speicherung im Wald und das Rohholzaufkommen. Sie haben somit auch positive Auswirkungen im Bereich der stofflichen und energetischen Holzverwendung. Angesichts der seit Jahrzehnten stetig steigenden Rohholznachfrage (Mantau 2012) kann die Ausdehnung der Waldfläche mittel- und langfristig mögliche Engpässe in der zukünftigen Rohholzversorgung abmildern. Dies würde allerdings mit dem Verlust landwirtschaftlicher Produktionsfläche einhergehen, die dann ggf. nicht mehr der Lebensmittelproduktion zur Verfügung steht und meist eine höhere Wertschöpfung aufweist. Der Verlust landwirtschaftlicher Fläche in Deutschland verursacht indirekte Landnutzungseffekte in anderen Regionen der Welt.

Erstaufforstungen beeinflussen Nährstoffkreisläufe und die Grundwasserneubildung. Durch Erstaufforstung bisheriger Ackerflächen kann der Austrag von Nitrat in das Grundwasser in den ersten Jahren ansteigen, wenn die bisherige Ackerfläche einen hohen Bodenvorrat an Stickstoff hat. Insbesondere in der frühen Phase des Biomasseaufbaus ist dieser Effekt besonders groß (Hansen et al. 2007). Langfristig sind die Nitratausträge unter Wald deutlich geringer als unter Ackerflächen. Mit der zunehmenden Interzeption und der höheren Evapotranspiration im Vergleich zu landwirtschaftlichen Nutzpflanzen sinkt nach Aufforstung die Grundwasserneubildung (Rosenqvist et al. 2007). Das Ausmaß dieser Reduktion hängt im Wesentlichen von der Baumart und dem Niederschlagsregime ab. Der weitestgehende Verzicht auf Düngung und Pestizideinsatz im Wald führt zu einer deutlich besseren Sickerwasserqualität. Dort, wo mit der Aufforstung von bisher landwirtschaftlich genutzten Moorflächen eine Erhöhung des Grundwasserspiegels durch Aufgabe der Drainage vollzogen werden kann, können langfristig erhebliche zusätzliche Treibhausgasfreisetzungen vermieden werden (Byrne et al. 2004).

Vermeidungskosten: Bei Aufforstung und Wiederaufforstung treten Investitionskosten für die Kulturbegründung auf (durchschnittlich ca. 5.500 €/ha für Nadelholz und 9.300 €/ha für Laubholz (Dög et al. i. V.)). In den Jahren danach fallen i. d. R. noch zusätzliche Kosten für die Kultursicherung an. Diese werden über fünf Jahre pauschal mit jeweils 500 €/ha pro Jahr angesetzt. Auf ehemals landwirtschaftlichen Flächen entstehen weiterhin Opportunitätskosten durch entgangene landwirtschaftliche Produktion (Osterburg et al. 2013a). Sie werden näherungsweise mit pauschal 1.000 €/ha pro Jahr angesetzt (Zinsen werden nicht betrachtet). Dieser Betrag orientiert sich an den Erträgen aus Ackerbau auf eher schwachen Standorten. Würde ein Teil der Auffors-

tungen auf Grünland stattfinden, dürfte der Betrag die Opportunitätskosten aus landwirtschaftlicher Produktion überschätzen.

In den beiden hier betrachteten Szenarien treten folgende Kosten auf:

Szenario a) Bei der mittleren jährlichen Erstaufforstungsrate von 14.097 ha treten über die betrachtete Periode (2013 bis 2050) Kosten in Höhe von durchschnittlich 411 Mio. €/Jahr auf. Die Gesamtkosten steigen dabei allerdings von Jahr zu Jahr, da im gesamten Betrachtungszeitraum neue Flächen erstmals aufgeforstet werden. Wegen der zunehmenden Senkenleistung der älter werdenden Bestände nehmen allerdings die Vermeidungskosten pro t CO₂ stark ab. Diese liegen in der letzten Periode bei ca. 106 €/t CO₂ (s. Tab. 5.13).

Szenario b) Bei der durchschnittlichen jährlichen Erstaufforstungsrate von 22.368 ha betragen die Kosten über die betrachtete Periode (2013 bis 2050) durchschnittlich 652 Mio. €/Jahr. Sie liegen höher als im Szenario a), da bereits von Beginn an größere Flächen aus der Produktion genommen werden. Die Vermeidungskosten gleichen denen in Szenario a) fast vollständig. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die Erstaufforstungsflächen in den beiden Szenarien in einem festen Verhältnis zueinander entwickeln. Lediglich in der ersten Periode liegen sie geringfügig auseinander.

Tabelle 5.13: Wirksamkeit, Gesamtkosten und CO₂-Vermeidungskosten der durchschnittlichen jährlichen Aufforstungsraten von 14.097 ha (Szenario a) und 22.368 ha (Szenario b), jeweils für den angegebenen Betrachtungszeitraum sowie im Durchschnitt für den gesamten Zeitraum.

Perioden	2013-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	Durchschnitt
Szenario a)					
Nettoeffekt (Diff. zu Basis (negativ: geringere Emissionen; Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr))	-0,085	-0,895	-3,138	-5,728	-2,59
Gesamtkosten (Mio. €/Jahr)	195	327	468	609	411
Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	2.295	366	149	106	159
Szenario b)					
Nettoeffekt (Diff. zu Basis (negativ: geringere Emissionen; Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr))	-0,135	-1,419	-4,979	-9,089	-4,1
Gesamtkosten (Mio. €/Jahr)	309	519	743	967	652
Vermeidungskosten €/t CO ₂ -Äq)	2 285	366	149	106	159

Quelle: Eigene Berechnungen.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Die Aufforstung landwirtschaftlicher Flächen verursacht indirekte Landnutzungseffekte. Wegen hoher Opportunitätskosten durch den Ausfall der landwirtschaftlichen Produktion werden hauptsächlich schlechte Standorte für Aufforstungen verwendet. Allerdings können Aufforstungen als Ausgleichsmaßnahmen für Eingriffe nach dem Bundesnaturschutzgesetz auch bessere Standorte betreffen.

Abbildbarkeit in der Treibhausgasberichterstattung und Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Bereiche bzw. andere Sektoren: Aufforstung, Wiederaufforstung und Waldverluste werden in der nationalen Treibhausgasberichterstattung erfasst. Dies gilt auch für die Auswirkungen auf den Holzproduktespeicher. Die indirekten Auswirkungen (Substitution, *Leakage*) werden, sofern sie in Deutschland auftreten, indirekt veranschlagt, aber nicht dem Bereich Wald und Holz angerechnet.

Mögliche Politikmaßnahmen. Erstaufforstungen werden in den meisten Bundesländern z. B. über die GAK bzw. entsprechende Länderprogramme gefördert. Allerdings ist die Inanspruchnahme der Fördergelder für diesen Zweck sehr gering (nur ca. 280 ha im Jahr 2014, BMEL 2014e). Die Mess- und Kontrollkosten sind bei dieser Maßnahme als eher niedrig anzusehen, da eine Kontrolle mittels Fernerkundungsmethoden durchgeführt werden kann und keine aufwändigen terrestrischen Erhebungen nötig sind. Aufforstungen werden auch als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme zur Kompensation von Eingriffen nach dem Bundesnaturschutzgesetz durchgeführt. Ihre Anlage kann, wenn sie mit dem konkreten Ziel einer optimierten CO₂-Bindung und als Mischwald erfolgt, auch über den Waldklimafonds gefördert werden (BMEL und BMUB 2015). Die Rodung von Wald beschränkte sich in den letzten Jahren auf eine Fläche von ca. 4.000 bis 5.000 ha/Jahr. In zunehmendem Umfang werden diese Waldrodungen nicht mehr durch Ersatzaufforstungen ausgeglichen, sondern durch andere Kompensationsmaßnahmen wie z. B. der Stilllegung der Bewirtschaftung in naturschutzfachlich wertvollen Wäldern oder sogar der Entfernung von Wald für Zwecke des Naturschutzes. So hat sich die rechnerische Aufforstungsfläche von Ackerflächen von fast 10.000 ha/Jahr im Zeitraum von 1990 bis 2000 auf nur 3.000 ha/Jahr in den Jahren 2013 bis 2014 vermindert (UBA 2016a).

Bewertung: Der Walderhalt sowie die Vermehrung der Waldfläche durch Aufforstung und Wiederaufforstung stellen mit einem durchschnittlichen Minderungspotenzial von ca. 4 t CO₂-Äq je ha/Jahr (vgl. Tab. 5.13) eine effektive Klimaschutzmaßnahme dar. Diese wirkt langfristig und wird durch die Nutzung in den Wäldern noch verstärkt. Im Vergleich dazu ist die Anlage von Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Flächen (Kap. 5.2.6.2) mit einer Senkenleistung von über 10 t CO₂-Äq je ha/Jahr (vgl. Tab. 5.1a) eine noch effektivere Klimaschutzmaßnahme, die durch die kurzen Nutzungsintervalle bereits zeitnah wirkt. Allerdings ist die Anlage von KUP als Ausgleichsmaßnahme für Eingriffe in den Naturhaushalt weniger erwünscht und das Interesse der Landwirte an dieser Maßnahme bisher wenig ausgeprägt. Daher wird aus Klimaschutzgründen die Fortführung von politischen Anreizen zur Waldflächenvermehrung ebenso empfohlen wie eine striktere Vermeidung von Waldverlusten. Die naturschutzfachliche Praxis, bei Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Entwaldung aus Gründen des Biodiversitätsschutzes die Auf-

gabe von Waldbewirtschaftung und Holznutzung zu erwirken, ist aus Sicht des Klimaschutzes nicht effizient, da hierdurch insbesondere die Substitutionsleistung abnimmt. Daher sollten bei der Umwandlung von Wald insbesondere solche Kompensationsmaßnahmen eingefordert werden, die auch einen Beitrag zum Erhalt der Kohlenstoffspeicherung auf Landschaftsebene leisten, z. B. die Förderung von waldähnlichen Strukturen (z. B. Gewässerrandstreifen). Vor diesem Hintergrund sollte überprüft werden, ob einige Maßnahmen, die derzeit als Kompensationsmaßnahmen anerkannt werden, tatsächlich den Anforderungen an einen Ersatz oder funktionalen Ausgleich im Sinne eines umfassenden Naturschutzes entsprechen.

5.4.2 Stilllegung von Waldflächen, Reduktion der Holznutzung

Bezeichnung der Maßnahme: Veränderung der Kohlenstoffspeicherung im Wald durch flächenhafte Stilllegung der Bewirtschaftung in Form von dauerhaften Schutzgebieten bzw. partiellem Nutzungsverzicht (z. B. durch Ausweisen von Habitatbäumen oder Aufbau von angestrebten Totholzvorräten)

Beschreibung: Der vollständige oder partielle Verzicht auf forstliche Eingriffe und die Entnahme von Holz wirkt in unterschiedliche Richtungen. Seine Bewertung hängt sehr stark von den angesetzten Systemgrenzen ab. Im Ökosystem Wald führt der Nutzungsverzicht zu einem Anwachsen der Phytomasse (pflanzlicher Biomasse und Nekromasse) in den entsprechenden Beständen und dieser Prozess setzt sich selbst bis in späte Waldentwicklungsphasen fort (*old-growth*) (Janisch und Harmon 2002, Knohl et al. 2003, Luysaert et al. 2008). Bei gesamtwirtschaftlicher Betrachtung führt der Nutzungsverzicht zu einer Reduktion der stofflichen und energetischen Substitution durch das geerntete und weiter verwendete Holz. Daher kann die Festlegung von Kohlenstoff in Wäldern durchaus einen positiven Klimaschutzeffekt haben, solange sich diese in der Phase des starken Vorratsaufbaus befinden (Köhl et al. 2009). Langfristig stellt sich in ungenutzten Wäldern nach dem Erreichen der Gleichgewichtsphase eine negative Kohlenstoffbilanz im Vergleich zu bewirtschafteten Wäldern ein. Die Ergebnisse dieser modellhaften Betrachtung wurden auch für Modellregionen in Thüringen bestätigt. Dort liegt die Gesamt-C-Bilanz eines Nutzungsszenarios (Z-Baum-orientierte Durchforstung¹⁷⁰, gefolgt von Zielstärkennutzung) bei der dort überwiegenden Verwendung für langlebige Holzprodukte mit anschließender energetischer Nutzung deutlich über derjenigen des Schutzszenarios (Nutzungsverzicht) (Mund et al. 2015). Zusätzlich zu einer erhöhten Speicherung von C in der Biomasse kann laut einiger Studien der Nutzungsverzicht auch zu einer Zunahme der Kohlenstoffvorräte in Mineralböden und Humusaufgaben führen (vgl. Pregitzer und Euskirchen 2004, Luysaert et al. 2008). Dies wurde z. B. auch für bestimmte

¹⁷⁰ Bei der „Zukunftsbaum“-orientierten Waldbewirtschaftung wird baumartenspezifisch eine bestimmte Anzahl gut veranlagter herrschender Bäume ausgewählt und durch die wiederholte Entnahme von Konkurrenten in ihrer Entwicklung gefördert. Ihre Anzahl orientiert sich an der Zahl der Bäume in einem hiebsreifen Bestand plus einer gewissen Reserve. Im Zuge der Durchforstungen werden darüber hinaus nicht geeignete Bäume entfernt.

Waldstandorte in den Alpen bestätigt (Christophel et al. 2013). Für eine Zunahme des Bodenkohlenstoffs in Waldschutzgebieten, die über den durchschnittlichen, auf den gesamten deutschen Wald bezogenen Anstieg dieser Kenngröße hinausgeht (Grüneberg et al. 2014), gibt es jedoch auf der Basis nationaler Inventuren keine Belege. Daher wird dieser mögliche Prozess der C-Sequestrierung nicht mit in die Betrachtungen einbezogen.

Maßnahmenszenario:

- a) Das Szenario entspricht der Erreichung des Ziels der Nationalen Biodiversitätsstrategie, 5 % der deutschen Waldfläche unter Prozessschutz (ohne forstliche Nutzung) zu stellen. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Anteil dieser Flächen mit rechtlich verbindlichem Schutz von derzeit ca. 2 % (Wildmann et al. 2014) bis zum Jahr 2030 linear auf 5 % anwächst. Dies geschieht durch Einbeziehung von genutzten Waldflächen, die bisher keine Nutzungseinschränkungen aufweisen.
- b) In diesem Szenario wird zusätzlich zum Prozessschutz auf 5 % der deutschen Waldfläche (wie unter a)) eine Reduktion der Nutzung um 10 % auf der verbleibenden forstlich genutzten Fläche angenommen. Dieser zusätzliche Nutzungsverzicht repräsentiert z. B. die Bereitstellung von Habitatbäumen und Totholz. Außerhalb der Flächenkulisse der bisher verbindlich geschützten Wälder mit natürlicher Entwicklung (2 %) gibt es bereits heute weitere Flächen, auf denen die Holznutzung wegen Wirtschafterschwernissen und/oder nach den gegenwärtigen Eigentümerzielsetzungen ganz oder teilweise ausgesetzt ist. Diese bereits bestehenden Nutzungseinschränkungen werden hier berücksichtigt. Sie entsprechen nach den Inventurergebnissen der BWI 3 rein rechnerisch einem vollständigen Nutzungsverzicht auf 3,6 % der Fläche (zusätzlich zu den 2 % unter verbindlichem Schutz). Für dieses Szenario wird die Zunahme des Nutzungsverzichts außerhalb der verbindlich geschützten Flächen von 3,6 auf 10 % als linearer Anstieg bis 2030 unterstellt. Es wird davon ausgegangen, dass diese Nutzungseinschränkungen hinsichtlich der Baumartenzusammensetzung und Produktivität repräsentativ für den Gesamtwald sind, d. h. alle Baumarten, Bestandstypen, Altersklassen etc. werden gleichmäßig betroffen. Daher wird mit durchschnittlichen Werten des Nutzungspotenzials des neuen WEHAM-Basiszenarios 2012 gerechnet.

Als Vergleich für die beiden Szenarien dient das WEHAM-Basis-Szenario 2012, bei dem von einem gegenwärtigen Verzicht der forstlichen Nutzung auf 2 % der Waldfläche ausgegangen wird.

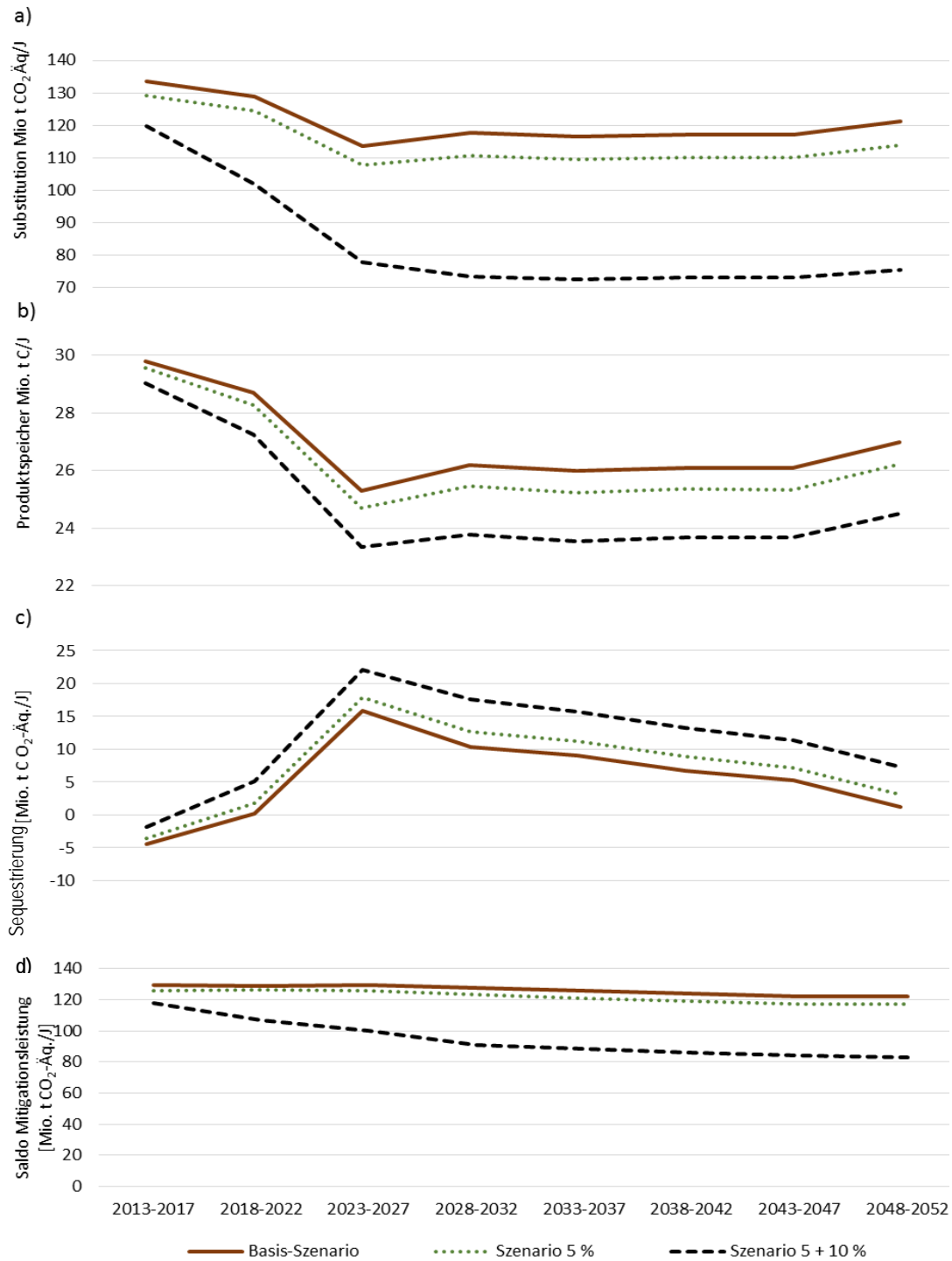
Die Veränderungen des Substitutionspotenzials wurden einheitlich mit einem durchschnittlichen Substitutionsfaktor von 1,22 für das nutzbare Derbholz berechnet (s. Kap. 5.4.1). Dies überschätzt zukünftige Substitutionspotenziale tendenziell, weil sich der durchschnittliche Substitutionsfaktor bei einer weiteren Verschiebung des Energiemixes hin zu mehr erneuerbaren Energien entsprechend verringern wird. Bei der Stilllegung von Flächen bzw. der Reduktion der Nutzung wurde weiterhin eine Konstanz der Leistungsnachfrage angenommen. Das bedeutet, dass unter Substitution in Abb. 5.9 nicht die reine geleistete Substitution abgebildet ist, sondern das geleistete Minus der negativen Substitution, denn die nachgefragten Leistungen müssen, wenn kein Holz

für ihre Erfüllung zur Verfügung steht, auf Basis fossiler Energien bereitgestellt werden (Rock und Bolte 2011, Rock 2012).

Um die Biomasse-Akkumulationsrate beim Nutzungsverzicht nicht zu überschätzen, wurde ein Teil der Biomasse in einen Totholzpool überführt, der sich zersetzt und damit CO₂ freisetzt. Da WEHAM natürliche Mortalität nur an Stichprobenpunkten mit Nutzungsverzichten abbildet, wurde eine durchschnittliche Totholz-Bildungsrate für nutzungsfreie west- und mitteleuropäische, buchendominierte Wälder angesetzt, die von 3,1 m³ pro ha/Jahr ausgeht (Vandekerkhove et al. 2009). Das Totholz in diesem Pool zersetzt sich, einem negativ exponentiellen Modell folgend, mit einer konstanten Rate von 5,4 %. Dies entspricht einem über alle Baumarten gemittelten und mit den Baumartenanteilen am Gesamtvorrat gewichteten Wert (Kroiher und Oehmichen 2010). Als Ausgangsvorrat des Totholzpool wurde der durchschnittliche Vorrat der BWI 3 von 20,6 m³/ha angenommen.

THG-Minderungspotenzial: Die in Abb. 5.10 dargestellten Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass Nutzungsverzicht keine geeignete Strategie ist, um die Klimaschutzleistung der deutschen Wälder zu erhöhen bzw. effektiv zu nutzen. Eine pauschale Stilllegung auf insgesamt 5 % der Waldfläche hat für die Forstwirtschaft gegenwärtig eine vergleichsweise geringe Auswirkung, da in dem Basisszenario bereits die bisher nicht genutzten Flächen berücksichtigt sind. Diese Maßnahme würde bewirken, dass, über den gesamten Simulationszeitraum betrachtet, die Mitigationsleistung nur um durchschnittlich ca. 4,4 Mio. t CO₂-Äq/Jahr geringer ausfiele als im Basisszenario. Eine zusätzliche Ausweitung des Nutzungsverzichts auf den bewirtschafteten Flächen um 10 % des Einschlagpotenzials würde demgegenüber zu einer deutlichen Reduktion der Substitutionsleistung des Waldes im Vergleich zum Basisszenario in Höhe von durchschnittlich ca. 31,5 Mio. t CO₂-Äq/Jahr führen. In dieser Größenordnung würde der Nutzungsverzicht die Speicherleistung der Waldböden mehr als aufheben. Den positiven Effekten einer erhöhten Speicherung von C in der Phytomasse des Waldes bei Nutzungsverzicht stehen daher deutlich größere negative Effekte einer reduzierten Substitution und Einspeisung in den Produktpool gegenüber. Dem Anstieg der Kohlenstoffeinbindung in nicht genutzten Wäldern sind zudem langfristig Grenzen gesetzt. Je älter die Bestände werden, desto mehr CO₂ wird durch die natürliche Zersetzung von abgestorbenen Bäumen und Baumteilen freigesetzt, ohne vorher Substitutionseffekte entfalten zu können. In einem späten „*Old-growth*“-Stadium können sich dann CO₂-Einbindung und CO₂-Freisetzung in etwa die Waage halten (Köhl et al. 2009, Hasenauer 2011). Dieses Stadium wird im Betrachtungszeitraum von der Mehrzahl von den aus der Nutzung genommenen Waldbeständen nicht erreicht, da diese sich in der Regel frühestens in der Optimalphase (vgl. Scherzinger 1995) befinden. Zudem werden in den Szenarien keine Wechselwirkungen zwischen Bestandesalter und -dichte einerseits und der Mortalität von Bäumen andererseits abgebildet, so dass die Freisetzung von CO₂ aus diesen Prozessen langfristig unterschätzt wird.

Abbildung 5.10: Auswirkungen der Umsetzung des 5 %-Ziels (Szenario 5 %) und zusätzlicher Extensivierungen (Szenario 5 + 10 %) auf die jährlichen Substitutionspotenziale (a), die jährliche Neufestlegung von C im Produktspeicher (b) und im Wald (c) sowie das jeweilige Saldo der Szenarien (d)



Anm.: Basis: WEHAM (2012=). Pauschale Änderungen über alle Baumarten, Altersklassen etc. hinweg, keine Berücksichtigung von Rückwirkungen auf Zuwachsverhalten oder natürliche Mortalität.

Quelle: Berechnungen, J. Rock, Thünen-Institut.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die Reduktion der Substitutionswirkung ist bei einem Nutzungsverzicht in rechtlich oder vertraglich gesicherten Schutzgebieten für die Laufzeit der gesetzlichen Vorschriften und Verträge bindend. Bei einem partiellen Nutzungsverzicht, z. B. in Form von einzelnen Habitatbäumen, muss dieser Effekt nicht von Dauer sein, sondern kann Änderungen der Waldbewirtschaftungsziele unterliegen. Die Speicherung von C in der Biomasse selbst muss ebenfalls nicht dauerhaft sein, da mit zunehmendem Bestandesalter (und damit auch Baumhöhe) das Risiko für bestandesgefährdende Ökosystemstörungen, wie z. B. durch Sturmwurf oder Insektenfraß, steigt (z. B. Wermelinger 2004, Usbeck et al. 2010, Albrecht et al. 2012, Overbeck und Schmidt 2012). Diese Störungen transferieren einen Großteil der Biomasse in den Totholzpools, der dann über einige Jahrzehnte hinweg zersetzt wird. Daher werden sich die Differenzen in der gesamten Klimaschutzleistung zwischen dem Basisszenario und den Szenarien mit unterschiedlich großen Nutzungsverzichten im Laufe der Zeit erweitern.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Der Nutzungsverzicht entfaltet zwar positive Klimaschutzeffekte durch die Speicherung von C im Waldökosystem, diese sind jedoch in der Regel geringer als die Klimaschutzleistung genutzter Wälder, wenn die Substitutionseffekte einbezogen werden. In den meisten Fällen hat der Nutzungsverzicht jedoch positive Auswirkungen auf den Erhalt und die Wiederherstellung der Biodiversität und auf naturschutzfachliche Ziele im Wald. Die Maßnahme „Stilllegung von Waldflächen“ mit der Folge der Reduktion der Holznutzung weist damit eine hohe Übereinstimmung mit bestimmten Zielen der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt auf. In den Wirtschaftswäldern Mitteleuropas sind Bestände in der Alters- und Zerfallsphase flächenmäßig nur in einem sehr geringen Umfang vertreten. Dementsprechend sind auch sehr viele Organismen, die auf die Habitate dieser alten Waldentwicklungsphasen angewiesen sind, z. B. totholzbewohnende Käfer oder Pilze, oft selten und z. T. in ihrem Bestand gefährdet. Um diesem Mangel zu begegnen, wurden bereits vielerorts Naturschutzmaßnahmen in Waldbewirtschaftungsstrategien integriert, die darauf abzielen, durch einen partiellen Nutzungsverzicht zum Erhalt von Alt- und Totholz beizutragen und den darauf angewiesenen Arten ihre Lebensräume zu garantieren (z. B. Gustafsson et al. 2012, ForstBW 2015). Auf der anderen Seite steht der Nutzungsverzicht im Konflikt mit der Bioökonomiestrategie der Bundesregierung. Er führt darüber hinaus in den meisten Betrieben zu direkten Einkommenseinbußen, insbesondere wenn diese Maßnahmen nicht mit einer finanziellen Kompensation verbunden sind. Das nicht geerntete Holz wird zudem dem Wirtschaftskreislauf entzogen, sodass die Wertschöpfung je Einheit durchschnittlicher Waldfläche abnimmt. Diese Abnahme muss nicht proportional zur Menge des Nutzungsverzichts sein, wenn die Holzqualitäten von unterdurchschnittlich wirtschaftlicher Bedeutung sind. Die Untersuchungen zur Produktivität von rechtlich abgesicherten Schutzgebieten mit Prozessschutz in Deutschland (Flächen mit natürlicher Waldentwicklung, NWE) zeigten jedoch, dass sich diese Schutzgebiete in ihrer forstlichen Produktivität und Ertragskraft nicht vom restlichen Wald unterscheiden (Engel et al. 2016).

Vermeidungskosten: Die Stilllegung von Waldflächen führt durch die Reduktion der Holzproduktion zu erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten (entgangene Wertschöpfung in den jeweiligen Industrien des Clusters Forst und Holz). Diese betragen in den einzelnen Perioden zwischen 144

und 557 Mio. €/Jahr (Szenario a, 5 %-Ziel) sowie zwischen 451 und 1.492 Mio. €/Jahr (Szenario b, 5 %-Ziel + 10 % Verzicht). Vermeidungskosten (€/t CO₂) können nicht ausgewiesen werden, da in beiden Szenarien im Vergleich zum Basisszenario über die ganze betrachtete Periode Nettoemissionen (und keine Neuspeicherungen) auftreten (s. Tab. 5.14).

Tabelle 5.14: Wirksamkeit, Gesamtkosten und CO₂-Vermeidungskosten der Szenarien, jeweils für den angegebenen Betrachtungszeitraum

Perioden	2013- 2017	2018- 2022	2023- 2027	2028- 2032	2033- 2037	2038- 2042	2043- 2047	2048- 2052
Szenario a) (5 %-Ziel)								
Nutzung (Mio. Efm/a)	85,0	81,4	71,2	73,4	72,8	73,3	73,4	76,1
Netto-THG-Effekt (Diff. zu Basis (positiv: höhere Emissionen; Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr))	3,6	2,7	3,7	4,7	4,9	5,0	5,1	5,3
Gesamtkosten (Mio. €/Jahr)	144	279	370	460	455	457	460	476
Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	-	-	-	-	-	-	-	-
Szenario b) (5%-Ziel +10% Verzicht)								
Nutzung (Mio. Efm/a)	83,5	78,5	67,3	68,5	68,0	68,4	68,5	71,1
Netto-THG-Effekt (Diff. zu Basis (positiv: höhere Emissionen; Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr))	11,3	22	29,5	37,0	37,1	37,7	38,0	39,4
Gesamtkosten (Mio. €/Jahr)	451	877	1.158	1.439	1.427	1.437	1.439	1.491
Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	-	-	-	-	-	-	-	-

Anm.: Efm = Erntefestmeter

Quelle: Eigene Berechnungen.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Diese sind nur mit großen Unsicherheiten abzuschätzen. Eine Reduktion der Holznutzung und der damit verbundenen Substitutionseffekte könnte folgende mögliche Auswirkungen haben:

- Komplette Substitution:** Die reduzierte Holznutzung wird beim Material vollständig durch energieintensive Materialien (Stahl, Plastik, Beton) und bei der Energie vollständig durch fossile Energien ersetzt.
- Substitution mit höheren EE-Anteilen:** Die Energie, die für die Erzeugung der Substitutionsprodukte eingesetzt wird, entstammt zu einem höheren Anteil aus erneuerbaren Quellen; daher nimmt der Substitutionsfaktor ab. Die negativen Auswirkungen einer verminderten Holznutzung auf die Mitigationsleistungen reduzieren sich dadurch.
- Substitution durch Importe:** Die reduzierte Holznutzung aus deutschen Wäldern wird vollständig durch Importe von Holzprodukten abgepuffert. Die Auswirkungen dieses Ersatzes

hängen von der Differenz der mit dem Transport und mit der Ernte des importierten Holzes in Vergleich zu einheimischem Holz verbundenen Emissionen ab. Entammt das importierte Holz z. B. aus einer Kahlschlagwirtschaft in borealen Wäldern, insbesondere wenn die Flächenvorbereitung mit Verbrennung des Schlagabraums verbunden ist, so ist mit einem höheren Verlust an Bodenkohlenstoff zu rechnen (Jandl et al. 2007). Die durchschnittlichen Transportwege werden in den meisten Fällen wesentlich länger sein als bei inländischem Holz, so dass der Substitutionsfaktor importierten Holzes geringer sein wird. Aufgrund der geringen Störungsintensität der in Deutschland praktizierten naturnahen Waldwirtschaft, die dazu führt, dass die erntebedingten Verluste des Bodenkohlenstoffs gering sind, wird es kaum Holzimporte geben können, die für den gleichen Verwendungszweck eine gleiche oder höhere Substitutionsleistung aufweisen.

- d) **Nachfragerückgang:** Die reduzierte Holznutzung im Inland führt zu einem Konsumverzicht und Nachfragerückgang nach Holzprodukten, ohne dass dieser durch Substitutionen kompensiert wird. In diesem Fall gäbe es weder Verlagerungs- noch Verdrängungseffekte.

Abbildbarkeit in der Treibhausgasberichterstattung und Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Bereiche bzw. andere Sektoren: In diesem Gutachten wird davon ausgegangen, dass keine Begrenzung der Gut- oder Lastschriften über die derzeit geltenden Regelungen hinaus stattfindet. Grundsätzlich können daher alle Änderungen des C-Speichers im Wald, die von den im Forest Management Reference Level angenommenen Veränderungen abweichen, im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) angerechnet werden. Die Änderungen in der Substitutionsleistung schlagen sich in der Quellgruppe „Energie“ nieder.

Mögliche Politikmaßnahmen: Die Szenarien verdeutlichen, dass Flächenstilllegungen und Nutzungsverzichte im Betrachtungszeitraum per Saldo negative Klimaschutzeffekte entfalten, die sich insbesondere aus dem Wegfall der Substitutionseffekte ergeben. Künftige Politikmaßnahmen sollten daher darauf abzielen, dass die gesetzten Biodiversitätsziele im Wald mit möglichst geringen negativen Auswirkungen auf die Produktivität und Nutzungspotenziale der Wälder umgesetzt werden. Auch das IPCC kommt zu dem Ergebnis, dass die nachhaltige Nutzung der Wälder bei gleichzeitigem Erhalt der Kohlenstoffvorräte bzw. deren Erhöhung langfristig die effektivste Mitigationsstrategie darstellt (Nabuurs et al. 2007). Dies bedeutet konkret, dass bevorzugt solche Flächen aus der Nutzung genommen werden sollten, die einerseits einen hohen naturschutzfachlichen Wert aufweisen und andererseits die Nutzungs- und Substitutionspotenziale nur wenig mindern. Dies ist z. B. bei bisher nur extensiv genutzten Flächen oder wenig produktiven Laubwäldern der Fall. Für ein solches, aus beiden Blickwinkeln wirksames Vorgehen könnten Förderprogramme für Flächenstilllegungen im Privat- und Kommunalwäldern aufgelegt werden, die z. B. im Rahmen von Vertragsnaturschutzmaßnahmen Ertragsausfälle gegenfinanzieren. Umgekehrt sollten ertragreiche Wälder, in denen Holz mit einer hohen Substitutionsleistung produziert wird, also insbesondere von Nadelbaumarten dominierte Bestände, möglichst nicht aus der Nutzung genommen werden.

Bewertung: Die vollständige oder partielle Aufgabe der forstlichen Nutzung ist keine geeignete Maßnahme des Klimaschutzes, gleichwohl sie ein wichtiges Instrument zur Erreichung bestimmter Ziele des Biodiversitätsschutzes im Wald darstellt. Technisch ist eine Flächenstilllegung im Wald einfach umzusetzen. Den Forstbetrieben würden die planmäßig zu erzielenden Einnahmen aus dem Holzeinschlag entfallen und zusätzliche Ausgaben für die Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht entstehen. Hinzu kommen Vermögensschäden durch Wertverluste in den betroffenen Beständen und andere wirtschaftliche Nachteile, wie Einschränkungen in der Betriebsführung und -organisation, Maschinenauslastung etc. Für öffentliche Forstbetriebe mag dies in einem bestimmten Rahmen hinnehmbar sein, für erwerbswirtschaftliche Privatforstbetriebe wäre dies nur bei einer angemessenen finanziellen Kompensation vertretbar. Im Privatwald würden für diese Maßnahme auch hohe Mess- und Kontrollkosten anfallen, da sich in den meisten Fällen aufwändige terrestrische Erhebungen nicht durch Fernerkundungsmethoden ersetzen lassen. Zudem ist davon auszugehen, dass sich eine solche Maßnahme nur schwer umsetzen ließe. Dies haben zuletzt die Widerstände von privaten Waldbesitzern und von Vertretern der Holzindustrie gegen die Umsetzung des 5 %-Ziels für Wälder mit natürlicher Entwicklung (NWE5) gemäß den Vorgaben der Nationalen Biodiversitätsstrategie gezeigt.

5.4.3 Veränderung der Produktionssysteme (Produktionszeit)

Bezeichnung der Maßnahme: Veränderung der Produktionszeiträume

Beschreibung: Die Verlängerung bzw. Verkürzung der Produktionszeit führt zu einer Erhöhung bzw. Reduktion der Holzvorräte im Wald sowie zu einer Veränderung der durchschnittlichen Zuwachsraten und somit der C-Sequestrierung. Durch den Vorratsaufbau bzw. -abbau wird weniger bzw. mehr CO₂ in der lebenden Biomasse gespeichert, der CO₂-Produktspeicher schwächer oder stärker aufgefüllt und das CO₂-Minderungspotenzial durch stoffliche und energetische Substitution verringert bzw. erhöht. Sobald ein neuer „Zielvorrat“ erreicht ist, stellt sich ein neues Gleichgewicht zwischen Vorrat und Nutzung ein. Bei einem ausgeglichenen Altersklassenverhältnis ist die Produktivität der Wälder über eine weite Spanne der Vorratshaltung in etwa gleich. Das Altersklassenverhältnis der deutschen Wälder ist jedoch unausgeglichen und dies v. a. bei den heute noch überwiegenden Nadelbaumarten (54,2 %) mit einer deutlichen Überbesetzung der 41- bis 60-jährigen Bestände. Bei dieser Ausgangslage führt eine Verkürzung der Produktionszeit bei gleichbleibendem Anteil der Nadelbaumarten langfristig zu einer höheren Produktivität, weil deren Zuwächse meist höher sind und früher kulminieren. Eine Verlängerung der Produktionszeit bewirkt hingegen eine geringere durchschnittliche Produktivität der Bestände sowie eine stärkere Kapitalbindung im Wald, eine Sortenverschiebung beim eingeschlagenen Holz sowie eine Erhöhung der Risiken.

Maßnahmenszenarien: Der Einfluss der Produktionszeit auf die CO₂-Bilanz wird mithilfe von drei unterschiedlich intensiven Waldbewirtschaftungsvarianten überprüft. Die Basis der Projektionen bilden die Daten der Inventurstudie 2008. Hierbei handelt es sich um eine deutschlandweite, ter-

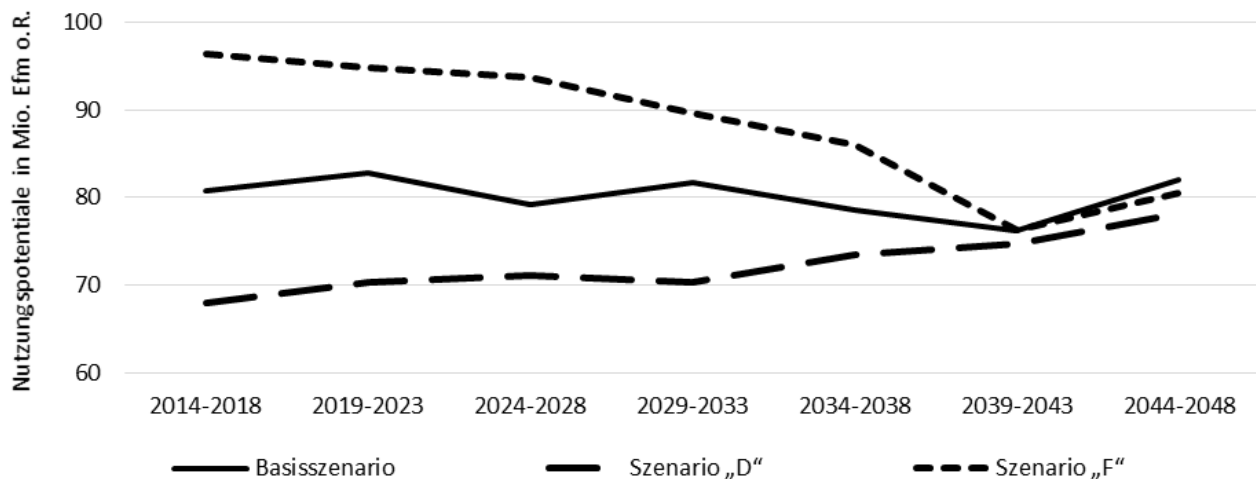
restrische Unterstichprobe der Bundeswaldinventur (BWI) im Raster 8 x 8 km zum Stichtag 01.10.2008. Sie wurde durchgeführt, um den Wert des Kohlenstoffvorrates in der Biomasse zu Beginn der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls zu bestimmen. Die Zuwächse, Nutzungsmengen und verbleibenden Vorräte der drei verschiedenen Szenarien wurden damals mit dem Modell WEHAM für den Zeitraum 2009 bis 2048 berechnet. Hier werden die Ergebnisse des Zeitraumes 2014 bis 2048 dargestellt. Das Zuwachsmo­dell basiert auf den Veränderungen zwischen Bundeswaldinventur (BWI) 1 (von 1987) und BWI 2 (von 2002). Im Nutzungsmodell wird die Durchforstung über Grundflächenleitkurven, die Endnutzung über baumartenspezifische Produktionszeiträume und Zielstärken waldbaulich gesteuert (vgl. Rüter et al. 2011).

- a) Für das **Basisszenario** (2002) wurden anlässlich der BWI 2 die Steuerungsparameter von Experten für alle Waldbesitzarten festgelegt. Es wurde in die Verhandlungen für ein Nachfolgeabkommen zum Kyoto-Protokoll (KP) als Referenz für die Waldbewirtschaftung in Deutschland eingebracht. Auch in diesem Beitrag dient das Basisszenario als Referenz. Die beiden anderen Szenarien zeigen ein abweichendes Nutzungsverhalten auf.
- b) Das **Szenario „F“** beschreibt eine stärkere Holznutzung mit einer Absenkung der Holzvorräte. Es ist so ausgelegt, dass bei seinem Start mit den Daten der BWI 2 nach 20 Jahren Laufzeit der Vorrat wieder auf die Vorratshöhe zum Zeitpunkt der BWI 1 zurückgeführt wird. Eine wesentliche Steuerungsgröße ist hierbei die Herabsetzung der Produktionszeiten für die erfassten Baumarten.
- c) Das **Szenario „D“** beschreibt im Gegensatz dazu einen weiteren Vorratsaufbau durch eine pauschale Verlängerung der Produktionszeiten um 20 Jahre. Dies führt zu einer geringeren und hinausgezögerten Nutzung und Verjüngung der Bestände.

Zur Bezeichnung der Szenarien werden die Kürzel beibehalten, die bereits in der Vergangenheit verwandt wurden (vgl. Rüter et al. 2011). Im Vergleich zu Kap. 5.5.1 wird hier ein längerer Zeitraum (bis 2048) betrachtet und geänderte Substitutionsfaktoren (siehe Kap. 5.4) verwendet, sodass für den Zeitraum, in dem sich beide Betrachtungen (Kap. 5.4.3. und 5.5.1) überlappen, geringfügig unterschiedliche Werte ergeben können.

Unter den Annahmen des Basisszenarios (2002) steigt der Gesamtvorrat im deutschen Wald von 3,32 Mrd. Vorratsfestmetern (Vfm) in 2008 (IS 08) auf 3,34 Mrd. Vfm in 2028. Eine Bewirtschaftung, wie vom Szenario D unterstellt, ließe den Vorrat im gleichen Zeitraum auf 3,50 Mrd. Vfm ansteigen, eine Bewirtschaftung nach dem Szenario F hätte einen Vorrat in Höhe von 3,04 Mrd. Vfm zur Folge. Die durchschnittlichen jährlichen Nutzungsmengen würden ca. 69 Mio. Erntefestmeter (Efm) (D) bzw. ca. 95 Mio. Efm (F) gegenüber ca. 81 Mio. Efm beim Basisszenario (B) betragen (s. Abb. 5.11).

Abbildung 5.11: Auswirkung einer Änderung der Bewirtschaftung auf die potenzielle Nutzungsmenge für verschiedene Szenarien (B: Basisszenario, D: Szenario „D“ = hinausgezögerte Nutzung, F: Szenario „F“ = stärkere Nutzung) (in Mio. Efm o. R.)



Anm.: Efm o. R. = Erntefestmeter ohne Rinde

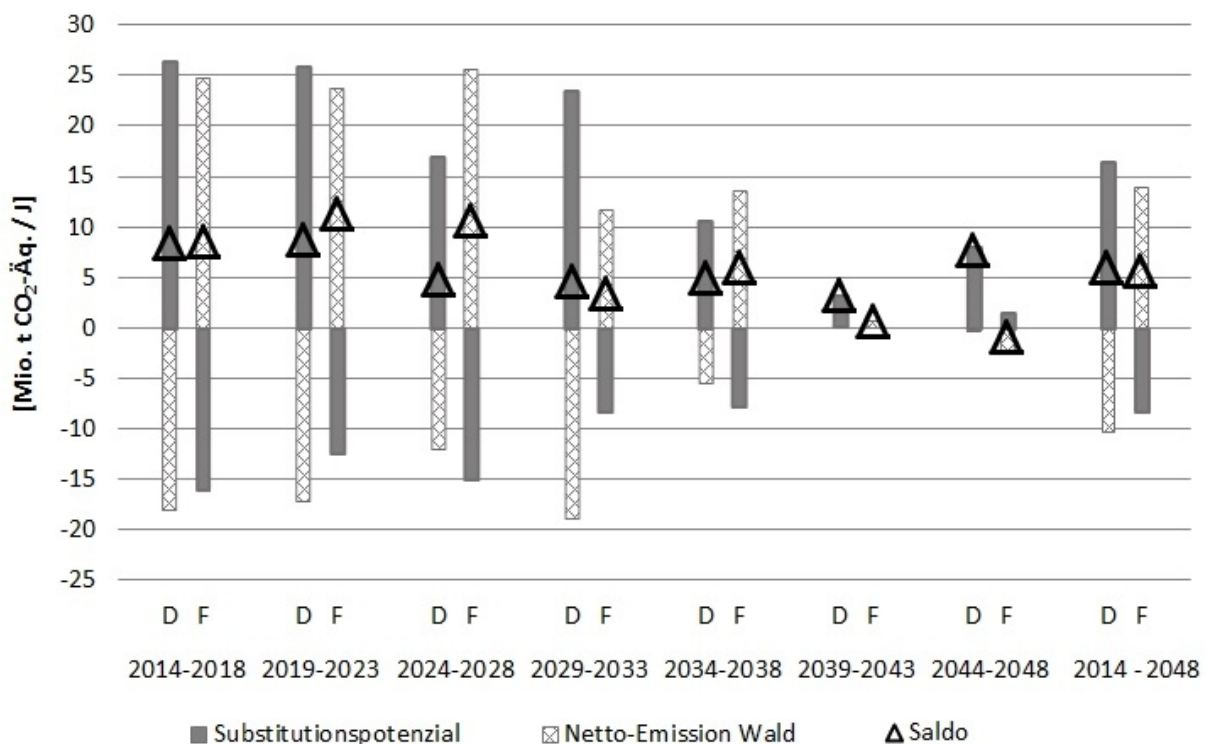
Quelle: Eigene Berechnungen.

THG-Minderungspotenzial: Bezogen auf den gesamten Betrachtungsraum von 2014 bis 2048 bewirken die drei Bewirtschaftungsvarianten deutliche Unterschiede in der CO₂-Speicherung in der lebenden oberirdischen Derbholz-Biomasse (Durchmesser ≥ 7 cm), den Nutzungsmengen, dem Produktspeicher sowie den Substitutionseffekten. Aufgrund des Altersklassenaufbaus der Wälder und des Nutzungsverhaltens bleiben beim Basisszenario (2002) die Nettoemissionen aus dem Wald nahezu konstant¹⁷¹ und schwanken um die Nulllinie. Beim Szenario D führen die schwächeren Nutzungen und der Vorratsaufbau bis zum Ende der Periode 2039 bis 2043 zur Neuspeicherung von CO₂ im Wald (Abb. 5.12). Erst gegen Ende des Betrachtungszeitraumes setzt verstärkt die bislang aufgeschobene Endnutzung ein und es wird Kohlenstoff aus dem Wald entfernt. Umgekehrt verhält es sich bei verstärkter Nutzung im Szenario F. Bis zur vorletzten Periode wird mehr CO₂ aus dem Wald freigesetzt als gebunden, die Raten sind positiv, und erst in der letzten Periode kommt es zu einer Neuspeicherung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dann auch die Nachkriegsaufforstungen in die Endnutzung gekommen und die zwischenzeitlich verjüngten Bestände ins Derbholz gewachsen sind, wodurch die CO₂-Speicherung stabilisiert wird und sich Zuwachs und Einschlag in etwa die Waage halten. Neben stärkeren Nutzungen ist bei Szenario „F“ das Zuwachsniveau niedriger als bei Szenario „D“ und dem Basisszenario, bei denen es in etwa übereinstimmt. Dieser geringere Zuwachs verschärft den Vorratsabbau im Vergleich

¹⁷¹ Bei der Auswertung von WEHAM – Projektionen sollten immer wenigstens zwei Perioden zusammen ausgewertet werden, da sonst zufällige Effekte wie z. B. der Start eines Durchforstungssturnus die Ergebnisse überlagern können.

zum Basiszenario zusätzlich und beeinflusst die Kohlenstoffbilanz negativ, denn so wird weniger Kohlenstoff der Atmosphäre entzogen, um in Phytomasse gespeichert oder in Holzprodukten genutzt zu werden.

Abbildung 5.12: Auswirkung einer Änderung der Bewirtschaftung auf die C-Emissionen, die mit der Substitution und Speicherung in Biomasse (Bäume > 7 cm BHD) für verschiedene Szenarien verbunden sind (Differenz zum Basisszenario, D: Szenario „D“ = hinausgezögerte Nutzung, F: Szenario „F“ = stärkere Nutzung). Negative Emissionen repräsentieren eine CO₂-Sequestrierung bzw. Einsparung



Quelle: Berechnungen J. Rock, Thünen-Institut.

Bei den Effekten der Substitution auf die CO₂-Bilanz verhält es sich umgekehrt. Sie sind beim Szenario F durchgehend höher als beim Szenario D und beim Basisszenario weitgehend konstant. Im Saldo schneidet so das Basisszenario (2002) mit 81,2 Mio. t CO₂-Äq./Jahr deutlich besser ab als das Szenario D mit einer durchschnittlichen CO₂-Speicherrate von 75,1 Mio. t CO₂-Äq./Jahr und das Szenario F mit 75,5 Mio. t CO₂-Äq./Jahr.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die Szenarien zeigen, dass sich die Vorräte im Wald nur langsam aufbauen, aber relativ schnell abbauen lassen. Wird nicht grundsätzlich auf eine Holznutzung verzichtet, sondern werden, wie im Szenario D, lediglich die Produktionszeiten verlängert bzw. die Zielstärken erhöht, so ist davon auszugehen, dass sich bei einem längeren Simulationszeitraum über das Jahr 2048 hinaus die Unterschiede zwischen den Szenarien D und F nicht nur stark annähern, sondern sogar umkehren. Bei dem Szenario F ist zwar die Vorratshal-

tung geringer, aber das Zuwachsniveau höher und die an die Nutzungen gekoppelten Produktspeicher- und Substitutionsraten deutlich größer. Auf diesen Zusammenhang weisen auch die Untersuchungen von Köhl et al. (2009) und Mund et al. (2015) hin, wonach auf Dauer die Substitutionseffekte den größten Einfluss auf die Klimaschutzleistungen des Waldes haben.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Die Kohlenstoffspeicherung stellt ein wesentliches Zielelement einer nachhaltigen multifunktionalen Forstwirtschaft dar (vgl. MCPFE 2003). Dieses Teilziel muss jedoch immer im Zusammenhang mit den anderen Funktionen des Waldes gesehen werden. So würde eine Nutzungseinschränkung, wie sie das Szenario D vorsieht, im Saldo zwar die CO₂-Speicherung auf Zeit erhöhen, gleichzeitig aber den Beitrag der Forstwirtschaft zum Gelingen der Energiewende schmälern, denn heute basieren mehr als 30 % des Anteils der erneuerbaren Energien am deutschen Nettoprimärenergiebedarf in Höhe von 13,7 % auf Holz (vgl. Memmler et al. 2014). Außerdem würde der deutschen Holzindustrie ein Teil ihrer nationalen Rohstoffversorgung entzogen und es würde sich die Sortenzusammensetzung weiter in den Starkholzbereich verschieben. Dies hätte wiederum negative Folgen für die Produktionskosten (Säge- versus Zerspanertechnologie), die internationale Wettbewerbsfähigkeit und die Zahl der Arbeitsplätze in diesem Wirtschaftszweig. Mit der Produktionsdauer würde auch die jährliche Verjüngungsfläche sinken. Dies würde die Kosten für Bestandesbegründung und -pflege senken, aber auch das Industrieholzaufkommen, welches die Rohstoffgrundlage für die Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie bildet. Naturschutzfachlich würde der oft geforderte Anteil der älteren, vorratsreichen Wälder erhöht, was aber in vielen Waldgesellschaften auch zur Folge hätte, dass die Baumartenvielfalt sowie die vertikale und horizontale Differenzierung der Bestände beeinträchtigt und das Lebensraumangebot für lichtbedürftige Arten verringert würde (vgl. z. B. Meyer et al. 2016). Das Basisszenario nimmt zwischen den beiden Bewirtschaftungskonzepten D und F eine Zwischenstellung ein und stellt insofern einen Kompromiss dar.

Vermeidungskosten: Eine Verlängerung der Umtriebszeit (Szenario D) führt durch die damit einhergehende Verringerung der Holzproduktion ebenfalls zu erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten (entgangene Wertschöpfung in den Industrien des Clusters Forst und Holz) im Betrachtungszeitraum. Diese belaufen sich in der Periode 2014 bis 2018 auf 2,59 Mrd. €/Jahr und nehmen dann über den Untersuchungszeitraum in der Tendenz eher ab, allerdings mit einzelnen zwischenzeitlichen Auf- und Abstiegen. In der letzten betrachteten Periode (2044 bis 2048) betragen die Kosten dann 789 Mio. €/Jahr. Vermeidungskosten (€/t CO₂) können nicht ausgewiesen werden, da über die ganze betrachtete Periode Emissionen (nicht aber Neuspeicherungen) auftreten.

Eine Verkürzung der Umtriebszeit (Szenario „F“) führt im Gegensatz dazu zu einem höheren volkswirtschaftlichen Nutzen (3,15 Mrd. €/Jahr in der Periode 2014 bis 2018), weil mit der Erhöhung der Holzproduktion auch die Wertschöpfung in den einzelnen Industrien steigt. Erst in der letzten betrachteten Periode 2044 bis 2048 führt die Maßnahme wieder zu volkswirtschaftlichen Kosten von 296 Mio. €/Jahr (s. Tab. 5.15). Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Nutzungspotenzial des Szenarios „F“ (80,6 Mio. Efm o. R.) durch den Vorratsabbau unter das Nutzungspotenzial des Basisszenarios (82,0 Mio Efm o. R.) sinkt. Die längerfristigen Wirkungen wurden nicht

simuliert. Die Vermeidungskosten (€/t CO₂) betragen in der letzten betrachteten Periode 311 €/t CO₂-Äq (davor können sie nicht ausgewiesen werden, da Emissionen und keine Neuspeicherungen auftreten).

Tabelle 5.15: Wirksamkeit, Gesamtkosten und CO₂-Vermeidungskosten der Szenarien, jeweils für den angegebenen Betrachtungszeitraum

Perioden	2014- 2018	2019- 2023	2024- 2028	2029- 2033	2034- 2038	2039- 2043	2044- 2048
Szenario „D“							
Nutzungspotenzial (Mio. Efm o.R.)	68,0	70,3	71,1	70,4	73,4	74,8	78,1
Nettoeffekt (Diff. zu Basis (positiv: höhere Emissionen; Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr))	8,5	8,7	4,8	4,6	5,00	3,2	7,7
Gesamtkosten (Mio. €/Jahr)	2.591	2.536	1.652	2.299	1.028	306	789
Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	-	-	-	-	-	-	-
Szenario „F“							
Nutzungspotenzial (Mio. Efm o.R.)	96,3	94,9	93,7	89,7	86,0	76,3	80,6
Nettoeffekt (Diff. zu Basis (positiv: höhere Emissionen; Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr))	8,6	11,3	10,7	3,4	5,9	0,7	-1,0
Gesamtkosten (Mio. €/Jahr)	-3.147	-2.445	-2.933	-1.617	-1.518	0	296
Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	-	-	-	-	-	-	311

Anm.: Efm o. R. = Erntefestmeter ohne Rinde, Tabelle zeigt gerundete Werte

Quelle: Berechnungen J. Rock, Thünen-Institut.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Eine Verlängerung der Produktionszeiträume hätte steigende Importe, eine Gefährdung der Konkurrenzkraft der deutschen Sägeindustrie, einen höheren Starkholzanteil mit höheren Einschnittkosten sowie eine weitere Minderung der Versorgung der Papier- und Holzwerkstoffindustrie zur Folge.

Abbildbarkeit in der Treibhausgasberichterstattung: Während nach dem ursprünglichen Waldökosystemansatz des Kyoto-Protokolls Holznutzungen mit CO₂-Freisetzungen gleichgesetzt wurden, wird die C-Speicherwirkung von Holzprodukten seit 2013 angerechnet. Bei den Substitutionseffekten ist dies indirekt der Fall. Reduziert die Substitution den Einsatz fossiler Energien, verringern sich entsprechend die in der Quellgruppe „Energie“ erfassten Emissionen.

Politikempfehlung: Längere Produktionszeiten würden in den Forstbetrieben grundsätzlich zu einer Erhöhung der Holzvorräte und somit der Kapitalbindung im Wald führen. Bei einem Übergang an jungen und mittelalten Beständen, wie gegenwärtig in Deutschland der Fall, würde sich

eine über mehrere Jahrzehnte hinziehende Aufbauphase ergeben, die zu verminderten Nutzungen und einer Einschränkung der betrieblichen Liquidität führen würde.

Für den Nachweis einer Veränderung der Produktionssysteme wäre es auch erforderlich, dass die Forstbetriebe über eine Forsteinrichtung als Referenz zur Dokumentation des Vorratsaufbaus verfügen würden. Dies dürfte erhebliche Kosten verursachen, weil aufgrund der zu geringen Größe der Forstbetriebe für ca. ein Viertel der gesamten Waldfläche in Deutschland keine Betriebs- oder Forsteinrichtungswerke vorliegen. Zudem erhöht eine Verlängerung der Umtriebszeit auch generell das Risiko, dass eine Einheit geerntetes Holz durch Qualitätsverluste oder Sturmwurf an Wert verlieren kann. Somit verringert sich ebenfalls die mittels einer Einheit Holz erzielbare Wertschöpfung. Unter Umständen dürfte es für die der Forstwirtschaft nachgelagerten Industrien, wie z. B. die Sägeindustrie und die Holzwerkstoffindustrie, auch schwierig sein, Holz mit größerem Durchmesser zu verarbeiten. Diese Industrien wären dann mittel- bis langfristig gezwungen, entweder ihre Anlagen zu verändern, was zu Anpassungskosten führen würde, oder Sortimente zu importieren, die mit der gegenwärtigen Technologie verarbeitet werden können.

Daher sollte der Rohholzeinschlag in Deutschland beim gegenwärtigen Waldaufbau auf einem Niveau eingependelt werden, bei dem der Durchschnittsvorrat nicht weiter erhöht wird. Da der positive Effekt der Holznutzung nicht nur von der eingeschlagenen Menge, sondern auch von der Verwendung des geernteten Holzes abhängt, sollte darauf hingewirkt werden, dass Holz erzeugt wird, das zu möglichst langlebigen Holzprodukten verarbeitet werden kann.

Bewertung: Die Empfehlung, die Kohlenstoffvorräte der Wälder zu erhalten und diese nachhaltig zu nutzen, um mit dem geernteten Holz fossile Energieträger bzw. energieintensive Produkte zu substituieren, ist auch nach Aussagen des IPCC die Strategie, die langfristig die höchste Mitigationsleistung bieten wird (Nabuurs et al. 2007). Eine Veränderung der Produktionssysteme durch eine Verlängerung der Umtriebszeiten (Produktionszeiträume) bzw. eine Anhebung der Zieldurchmesser ist für die gegenwärtige Baumartenzusammensetzung aus dem Blickwinkel des Klimaschutzes nicht zu empfehlen, weil hierdurch das Zuwachsniveau der Bestände sinken würde und die an die Nutzungen gekoppelten Produktspeicher- und Substitutionsraten reduziert würden. Die Situation würde sich anders gestalten, wenn der Anbau von Baumarten mit höheren durchschnittlichen Zuwächsen ausgedehnt würde (siehe folgende Maßnahme). In dem Fall könnten sowohl die Durchschnittsvorräte als auch die Nutzungen erhöht werden.

In öffentlichen Forstbetrieben wäre eine Verlängerung der Produktionszeiträume zwar relativ einfach administrativ umzusetzen, sie würde aber auch dort an ihre Grenze stoßen, wo die produzierten Starkholzsortimente nicht mehr marktgängig sind. Im Privatwald wären ordnungsrechtlich vorgeschriebene Erhöhungen der Umtriebszeiten zudem ein erheblicher Eingriff in die Eigentumsrechte, der nur – ausnahmsweise und im Einzelfall – mit finanzieller Kompensation und bei entsprechendem Kontrollaufwand denkbar wäre.

5.4.4 Veränderung der Baumartenzusammensetzung

Bezeichnung der Maßnahme: Langfristige Veränderung der Baumartenzusammensetzung

Beschreibung: Durch den Anbau produktiverer Baumarten (bezogen auf die Biomasseleistung) auf gegebenen Standorten können sowohl die C-Speicher im Wald (Biomasse und Böden) und in Holzprodukten als auch die Substitutionseffekte erhöht werden. Zu beachten ist, dass unterschiedliche Baumarten auch mit unterschiedlichen Wertschöpfungsketten verknüpft sind. Daher kann ein Baumartenwechsel auch mit einer Veränderung der Substitutionsleistung je Einheit Biomasse verbunden sein. So wird z. B. bei gegenwärtiger Verwendung ein höherer Anteil des Nadelholzes für die Herstellung langlebiger Holzprodukte verwandt, während ein hoher Anteil des Laubholzes direkt der energetischen Nutzung zugeführt wird. Daher ist der durchschnittliche Substitutionsfaktor bei Nadelholz gegenwärtig mit 1,37 t C/t C höher anzusetzen als bei Laubholz mit 0,97 t C/t C. Verschiedene Baumarten können sich zudem unterschiedlich auf den C-Speicher im Waldboden auswirken. Sowohl der Betrag als auch die Richtung des Baumarteneinflusses auf den C-Vorrat in Humusaufgabe und Mineralboden sind allerdings stark von den Bodeneigenschaften des jeweiligen Standortes abhängig (Ladegaard-Pedersen et al. 2005). Die in der zweiten Bodenzustandserhebung Wald dokumentierten Kohlenstoffvorräte in der Humusaufgabe waren unter den Nadelbaumarten Fichte und Kiefer ca. viermal so hoch wie unter den Laubbaumarten Buche und Eiche (Grüneberg et al. 2014). Die Unterschiede in den Kohlenstoffvorräten zwischen den Baumarten waren mit regionalen Unterschieden zwischen Bergland und Tiefland im Mineralboden weniger ausgeprägt (Evers et al. 2014). Die Analysen der Kohlenstoffvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe (Grüneberg et al. 2016) deuten darauf hin, dass reine Fichten- oder Kiefernbestände tendenziell niedrigere C-Vorräte aufweisen als reine Buchenbestände. Eine Meta-Analyse von Prietzel und Bachmann (2012) ergab jedoch unter Mischbeständen aus Douglasie und Fichte oder aus Douglasie, Fichte und Buche jeweils höhere C-Vorratswerte im Boden als unter reiner Fichte oder reiner Buche. Diese voneinander abweichenden Untersuchungen machen deutlich, dass im Hinblick auf den Einfluss der Baumartenzusammensetzung auf den Boden noch große Unsicherheiten und Forschungsbedarf besteht. Da aufgrund der bestehenden Unsicherheiten ein möglicher Einfluss der Baumartenzusammensetzung auf den Bodenkohlenstoff für die Szenarien nicht quantifiziert werden kann, wurde dieser nicht berücksichtigt.

Maßnahmenszenario: Es werden zwei Szenarien betrachtet:

- a) *Business as usual* (BAU): Die gegenwärtige Bestockung zum Stichtag der BWI 3 (44,5 % Laubholz, 55,5 % Nadelholz; Bezug Waldfläche ohne Lücken und Blößen). Szenario A dient als Referenz.
- b) „Nadelholzscenario“: ertragsorientiert (70 % Nadelholz).

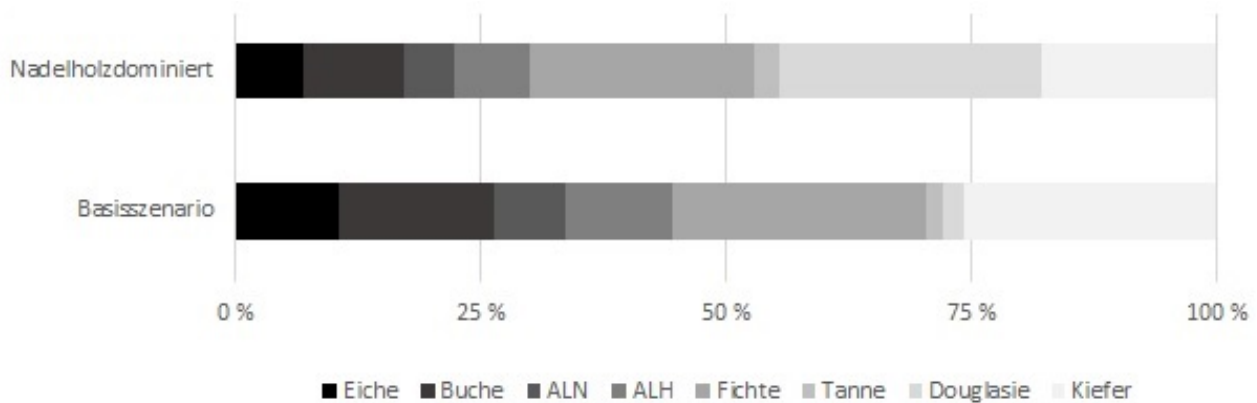
Die derzeitige, durch das Szenario a) wiedergegebene waldbauliche Orientierung der Forstpraxis führt zu einer Zunahme des Laubbaumartenanteils in der Waldverjüngung (Laubbaumanteil in

der Altersklasse 1 bis 20 Jahre nach BWI 2012: 58 %). Dementsprechend wurde auf die Berechnung eines eigenen, laubholzorientierten Szenarios verzichtet. Bei der Umsetzung des alternativen Nadelholzszenarios musste dem Umstand Rechnung getragen werden, dass sich bei den langen Produktionszeiten der Wirtschaftsbaumarten Änderungen in der Baumartenzusammensetzung erst nach Jahrzehnten signifikant auswirken, sodass positive wie negative Effekte erst dann zum Tragen kommen. Auf nationaler Ebene liegen derzeit keine Langzeitsimulationen vor. Diese würden auch der Einschränkung unterliegen, dass mit der Länge der Simulationszeiträume die Unsicherheiten der Modellierungsergebnisse steigen und andere Effekte (Klimawandel, Änderungen im politischen, technischen und wirtschaftlichen Umfeld) hinzukommen, die sich in ihren Auswirkungen nur sehr bedingt einschätzen lassen. Daher wird in der vorliegenden Betrachtung von einem statisch-komparativen Ansatz ausgegangen, der unterstellt, dass die Veränderung in der Baumartenzusammensetzung bereits in der Vergangenheit vollzogen wurde und der in Abb. 5.13 dargestellten Baumartenverteilung entspricht. In dem nadelholzorientierten Szenario wird zudem stark vereinfachend angenommen, dass die durchschnittlichen Bonitäten der vorhandenen und der im jeweiligen Szenario von der entsprechenden Baumart besetzten Flächen gleich sind. In der Realität würde aber das Nadelholz bei einem höheren Flächenanteil seinen Anbau-schwerpunkt aus den höheren Lagen der Mittelgebirge mit relativ ungünstigen Wachstumsbedingungen (Fichte, Tanne) auf günstigere Standorte in tieferen Lagen mit besser versorgten Böden ausweiten, wodurch sich deren Leistungsfähigkeit verbessern würde. Im Tiefland würde eine Ausweitung des Nadelholzanbaus auch bessere Standorte einbeziehen, als diejenigen, die heute mit der relativ genügsamen Kiefer bestockt sind. Im „NadelholzszENARIO“ (b) wird angenommen, dass 50 % der heutigen Flächenanteile der Kiefer (22,3 %) und 30 % der Flächenanteile der Fichte (25,4 %) mit Douglasie bestockt sind. Für die Neuordnung der Flächen wurden zunächst die durch die BWI 3 ausgewiesenen Flächenanteile der Laubbaumarten auf 30 % reduziert und die Flächenanteile der Nadelbaumarten auf 70 % erhöht. Von dieser Basis ausgehend wurden dann die Flächenbesetzungen in den einzelnen Altersklassen bei der Fichte um jeweils 30 % und bei der Kiefer um jeweils 50 % reduziert und in die Altersklassen der Douglasie übertragen. Da die Douglasie relativ früh ihre Zielstärken erreicht und in der Regel in Produktionszeiträumen von weniger als 120 Jahren bewirtschaftet wird, wurden anschließend die aus der Fichte bzw. der Kiefer stammenden Flächen der Altersklasse VII (121 bis 140 Jahre), VIII (141 bis 160 Jahre) und der höheren Altersklassen (> 160 Jahre) gleichmäßig auf die jüngeren Douglasien-Altersklassen verteilt. Im Ergebnis liegt der Douglasienanteil in diesem Szenario bei 26,2 % mit einem deutlich höheren flächengewogenen Durchschnittsalter als gegenwärtig, weil die Altersklassen gleichmäßiger besetzt sind, während heute die ersten drei Altersklassen überwiegen.

Ein Teil der Fichtenfläche entwickelt sich zurzeit auch in Richtung Tanne. Da dies kaum Auswirkungen auf die Produktivität und die CO₂-Speicherung hat, wurde dieser Trend vernachlässigt. Ebenso wurde angenommen, dass die untersuchten Szenarien sich nicht auf die C-Speicherung im Waldboden auswirken. Ebenfalls wurde angenommen, dass sich die gegenwärtige Nutzung und somit die Substitutionspotenziale der verschiedenen Baumartengruppen (Laubholz vs. Nadelholz) im Laufe des Betrachtungszeitraums nicht ändern. Da Laubholz derzeit zu einem wesentlich höheren Prozentsatz direkt energetisch genutzt wird als Nadelholz, hat es ein geringeres

durchschnittliches Substitutionspotenzial. Die Auswirkungen der Änderungen sind in Tabelle 5.16 vergleichend dargestellt.

Abbildung 5.13: Flächenanteile der Baumarten im Basis- und im „Nadelholzscenario“



Anm.: ALN: andere Laubbäume mit niedriger Lebenserwartung; ALH: andere Laubbäume mit hoher Lebenserwartung; Kiefer einschließlich Lärche. Das Basisszenario entspricht der Bundeswaldinventur 2012, im Nadelholzscenario wird eine zum Basisszenario identische Altersklassenstruktur unterstellt.

Quelle: Eigene Berechnungen.

THG-Minderungspotenzial: Das Nadelholzscenario startet mit einem höheren Vorrat als das Basisszenario (s. Tab. 5.16), der über den Betrachtungszeitraum leicht abgebaut wird. Gleichzeitig steigt der Vorrat im Basisszenario an. Das bei einem höheren Nadelholzanteil zu erwartende wesentlich höhere CO₂-Substitutionspotenzial gegenüber der gegenwärtigen Bestockung gleicht diese gegenläufige Entwicklung jedoch mehr als aus. Dieser positive Effekt des Nadelholzes ist einerseits auf die höhere Biomasseproduktivität (und damit auch Nutzungsmöglichkeiten) und andererseits auf den höheren Substitutionseffekt je Einheit Rohholz im Vergleich zu Laubholz zurückzuführen. Die sich daraus ergebende Differenz zwischen den Szenarien ist als eine konservative Schätzung anzusehen, denn die unterschiedliche standörtliche Leistungskraft der Baumartengruppen wurde dabei nicht berücksichtigt (vgl. Würdehoff et al. 2011). Es ist anzunehmen, dass bei einer Ausweitung des Nadelholzanbaus die durchschnittliche Produktivität zunimmt, weil dieser dann auch vermehrt bessere Standorte einschließt, die jetzt dem Laubholz vorbehalten sind. Bei einer Zunahme des Anbaus von Laubholz würde eine gegenläufige Entwicklung eintreten.

Tabelle 5.16: Jährliche C-Speicherung, Rohholz- und Substitutionspotenzial im Basis- und im „Nadelholzscenario“ sowie Saldo über den gesamten Betrachtungszeitraum (2012 bis 2052)

	Basisszenario	Nadelholzscenario
mittlere Differenz des Waldspeichers (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	---	26,9
Änderungen des Waldspeichers (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr, nur oberirdische Biomasse)	4,9	-9,25
C-Aufnahme (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	-96,9	-111,2
Rohholzpotenzial (Mio. m ³ o. R./Jahr)	77,7	98,1
Substitutionspotenzial (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr]	92,0	120,5
Gesamtdifferenz zwischen den Szenarien		
Substitutionspotenzial plus Vorratsdifferenz (Mio. t CO ₂ -Äq)		
jährlich		55,5
gesamter Zeitraum		2.219

Anm.: Basis: BWI 2012, WEHAM 2012. Durchschnitt über den Zeitraum 2012 bis 2052. Das Nadelholzscenario startet mit einem höheren Vorrat als das Basisszenario, der über den Betrachtungszeitraum geringer wird.

Quelle: Berechnungen J. Rock, Thünen-Institut.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die deutlichen Veränderungen im Waldspeicher können langfristig wirken, wenn der Baumartenwechsel nicht auch das Störungsrisiko erhöht. In welchem Maße die verschiedenen Baumarten in Zukunft in unterschiedlicher Weise von biotischen und abiotischen Schädigungen betroffen sein werden, ist nur mit sehr großer Unsicherheit vorherzusagen (s. massiver Verlust der Baumart Esche durch das Eschentriebsterben). Grundsätzlich ist anzumerken, dass mögliche Veränderungen in den Produktspeichern mittel- bis langfristig wirken und dass Änderungen in den Substitutionseffekten aufgrund von Veränderungen im Energiemix der Bundesrepublik beide Baumartengruppen in gleicher Weise betreffen würden.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Der Nadelholzanbau, insbesondere in Form von Reinbeständen, wird in Deutschland aus naturschutzfachlicher Sicht zwar grundsätzlich kritisch gesehen (Weiger 2015), er stellt aber das ökonomische Rückgrat der Forstbetriebe dar (Möhring und Wilhelm 2015) und die Basis für die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Clusters Forst und Holz (Dieter 2015). Künftig ist mit einer Minderung des Nadelrohholzangebots (Spellmann et al. 2015) und mithin insbesondere bei der Fichte mit einer zunehmend angespannten Versorgungslage für die mitteleuropäische Holzindustrie zu rechnen (Schmidt 2015).

Nadelholz hat gegenüber dem Laubholz entscheidende technologische Vorteile. Es ist vergleichsweise homogen, meist geradwüchsig und zeichnet sich durch ein vorteilhaftes Gewichts-Festigkeitsverhältnis, leichte Bearbeitbarkeit und hinreichende Dauerhaftigkeit aus.

Entscheidungen über die Baumartenwahl, die Waldbehandlung und die Holzvermarktung sind grundsätzlich Teil der Eigentümerautonomie. Die Vielfalt der Waldeigentümer sichert insofern auch die Vielgestaltigkeit der Wälder und der Holzprodukte. Ein zeitgemäßer Nadelholzanbau erfordert angepasste waldbauliche Strategien, die dazu beitragen, die Anbaurisiken durch geeignete Baumartenmischungen, stabile Bestandesstrukturen oder ähnliche Maßnahmen zu begrenzen. Insbesondere gilt es, die vorhandenen Nadelholzreinbestände durch rechtzeitige und regelmäßige Pflege zu stabilisieren und dabei die Flächenproduktivität nicht zu vernachlässigen. Außerdem ist im Nachwuchs ein angemessener Anteil von Nadelholz, bevorzugt über Naturverjüngung, zu sichern. Im Kontext mit dem Klimawandel gewinnt auch die Wahl der richtigen Provenienzen einen neuen Stellenwert.

Vermeidungskosten: Eine Veränderung der Baumartenzusammensetzung in Richtung „Nadelholz dominiert“ führt durch die Erhöhung der Holzproduktion zu einem erheblichen volkswirtschaftlichen Nutzen (zusätzliche Wertschöpfung in den jeweiligen Industrien des Clusters Forst und Holz). Dieser beträgt in den einzelnen Perioden zwischen 3.822 und 5.972 Mio. €/Jahr. Die entsprechenden Vermeidungskosten (€/t CO₂-Äq) sinken über den Betrachtungszeitraum von -36 €/t CO₂-Äq auf -417 €/t CO₂-Äq. Das liegt daran, dass bei etwa gleichbleibendem bis leicht steigendem Nutzen die Klimawirkung nachlässt und dadurch rein rechnerisch der Nutzen pro vermiedener Tonne CO₂ Emission ansteigt (s. Tab. 5.17).

Tabelle 5.17: Wirksamkeit, Gesamtkosten und CO₂-Vermeidungskosten des „Nadelholzscenario“ (Referenz: Basisszenario, jeweils für den angegebenen Betrachtungszeitraum); Vorratseffekt: Berücksichtigung des unterschiedlichen Anfangsvorrats

Perioden	2013- 2017	2018- 2022	2023- 2027	2028- 2032	2033- 2037	2038- 2042	2043- 2047	2048- 2052	2013- 2052
Rohholzpotential (Mio. Efm/Jahr)	102,3	102,5	95,2	95,2	97,5	97,2	97,3	97,8	98,1
Nettoeffekt (Diff. zu Basis, ohne Vorratseffekt, (negativ: geringere Emissionen; Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr))	-9,2	-20,2	-10,8	-11,4	-1,4	-16,3	-20,9	-24,4	-14,3
Nettoeffekt (Diff. zu Basis, inkl. Vorratseffekt, (negativ: geringere Emissionen; Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr))	-108,5	-107,9	-74,8	-53,0	-47,4	-28,6	-14,0	-9,7	-55,5
Gesamtkosten (Mio. €/Jahr)	-3.947,9	-5.971,6	-3.958,6	-4.085,6	-4.455,9	-4.362,0	-3.821,5	-4.067,6	-4.333,8
Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq)	-36,4	-55,4	-52,9	-77,1	-94,0	-152,3	-272,8	-417,3	-144,8

Quelle: Eigene Berechnungen.

Politische Umsetzbarkeit, Administrierbarkeit, Mess- und Kontrollierbarkeit: Die politische Umsetzung eines Wechsels der Baumartenzusammensetzung geschieht u. a. mittels der Programme zur ländlichen Entwicklung, die vom Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes (ELER) mitfinanziert werden. Waldumbau, ein in der Regel durch Pflanzung eingeleiteter Baumartenwechsel, ist eine der am häufigsten in Anspruch genommenen Fördermaßnahme im Bereich der Forstwirtschaft. Bei den Mess- und Kontrollkosten sind zwei gegenläufige Effekte zu beachten. Einerseits müssen kurzfristig keine neuen Verwaltungsstrukturen geschaffen werden. Andererseits ist insbesondere die langfristige Kontrolle der verwendeten Baumarten aufwändig.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Ein verstärkter Anbau von Nadelbaumarten würde wahrscheinlich nur geringe Verlagerungseffekte bewirken, denn der derzeitige Bedarf der Industrie ist v. a. auf Nadelholz ausgerichtet. Sollten die Importe von Nadelholz aufgrund steigender heimischer Rohholzproduktion zurückgehen, würde im Inland mehr Holz verwendet, das aufgrund der kürzeren Transportwege und waldbaulichen Praktiken mit weniger Emissionen belastet ist. Bei Importen von Nadelholz aus borealen Wäldern (z. B. Skandinavien, Russland) kann davon ausgegangen werden, dass eine dort geerntete Menge Holz weniger zum Klimaschutz beiträgt. Dies ergibt sich aus der geringeren Produktivität der dortigen Wälder, weshalb eine größere Fläche für die gleiche Menge Holz geerntet werden muss. Zudem erfolgt die Endnutzung der Bestände meist in Form von Kahlschlägen und der Schlagabraum wird oftmals verbrannt, weshalb mit höheren Treibhausgasemissionen zu rechnen ist. Die zusätzlichen Emissionen durch den längeren Transport auf dem Seeweg oder mit der Bahn fallen demgegenüber relativ gering aus. Eine Ausdehnung der Anbaufläche für Nadelholz hätte einen entsprechenden Rückgang der Laubholzfläche zur Folge. Da im Gegensatz zum Nadelholz beim Laubholz gegenwärtig noch ungenutzte Potenziale vorhanden sind, ist nicht mit Versorgungsengpässen zu rechnen. Ein Rückgang des Laubholzaufkommens hätte ggf. einen Import von Biomasse für die direkte energetische Nutzung zur Folge, z. B. in Form von Pellets. Die Importe dieser Pellets in den EU-Binnenmarkt (z. B. aus den USA, Kanada oder Russland) sind durch die EU-Holzhandelsverordnung abgedeckt, die in Deutschland durch das Holzhandels-Sicherungs-Gesetz (HolzSiG) umgesetzt wird. Demnach müssen die importierenden Unternehmen zentrale Nachweise für den Ausschluss von illegalen Holzquellen führen, sodass sichergestellt werden kann, dass diese Importe nicht aus dem Raubbau von Wäldern stammen. Allerdings ist die Ökobilanz dieser Importe aufgrund der langen Transportwege weniger positiv als diejenige von Pellets aus regionaler Produktion (Sikkema et al. 2010).

Umgekehrt werden beim Basisszenario mit der Laubwaldmehrung ein Rückgang der Produktivität der Wälder und ein Absinken des Nadelrohholzaufkommens verbunden sein, der durch den Import von Nadelholz kompensiert werden müsste oder zu einer Verlagerung der Produktion von Holzserzeugnissen ins Ausland führen würde.

Abbildbarkeit in der Treibhausgasberichterstattung und Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Bereiche bzw. andere Sektoren: Veränderungen im Waldmanagement und Veränderung

der Kohlenstoffspeicher im Wald, die durch eine Verschiebung der Baumartenverhältnisse verursacht werden, werden in regelmäßigen Abständen durch die BWI und die Bodenzustandserhebung Wald erfasst. Die Differenz der Menge des im Wald gespeicherten Kohlenstoffs würde in der THG-Berichterstattung nicht erfasst, da dort die Entwicklung des vorhandenen Vorrats über die Zeit betrachtet wird. Nach den bestehenden Anrechnungsregeln wäre deshalb nur der Nettoeffekt ohne Berücksichtigung der Vorratsdifferenz (s. Tab. 5.16) anrechenbar, was mit 573 Mio. t CO₂-Äq im Betrachtungszeitraum nur ca. einem Viertel des aus atmosphärischer Sicht existierenden Gesamt-Klimaschutzbeitrags in Höhe von 2.219 Mio. t CO₂-Äq entspricht. Die Auswirkungen eines Baumartenwechsels auf die C-Bilanz hängen allerdings sehr stark von den für die Baumartengruppen (Laubholz vs. Nadelholz) angesetzten Substitutionsfaktoren ab. Diese können einem relativ raschen Wandel unterliegen, der sich einerseits aus einer Veränderung der Verwendung über verschiedene Produktklassen hinweg ergibt (s. Tab. 2.6). Andererseits führt auch der rasche Anstieg erneuerbarer Energien an dem bundesdeutschen Energiemix zu einer Reduktion der Substitutionsfaktoren. Reduziert die Substitution den Einsatz fossiler Energien, verringern sich die in der Quellgruppe „Energie“ erfassten Emissionen entsprechend. Änderungen im Holzproduktspeicher werden in der betreffenden Kategorie der Quellgruppe LULCF berichtet.

Mögliche Politikempfehlungen: Die Szenarien zeigen, dass die Erhaltung eines substanziellen Nadelholzanteils in den Wirtschaftswäldern nicht nur für die Wirtschaftlichkeit der Forstbetriebe, sondern auch für den Klimaschutz von hoher Bedeutung ist. Daher sollten im Rahmen der Programme zur ländlichen Entwicklung und auf Grundlage der GAK die zurzeit hauptsächlich auf Naturnähe ausgerichteten Fördermaßnahmen zur Laubholzmehrung durch Maßnahmen ergänzt werden, die sowohl eine Anpassung des Waldes an den Klimawandel als auch einer Erhöhung der Klimaschutzleistung der Wälder fördern („Nadelholzscenario“). Hierbei ist an die Förderung des Anbaus von trockenheitstoleranten Nadelbaumarten (z. B. Douglasie, Küstentanne oder Schwarzkiefer) zu denken, z. B. als Alternative zu ertragsschwachen Laubmischwäldern oder als Zeitmischung von Nadelbäumen in einer Laubholzmatrix. Weiterhin sollten Politikmaßnahmen darauf abzielen, die forstwirtschaftlichen Zusammenschlüsse zu stärken und die institutionelle Beratung und Betreuung des kleinflächigen privaten und kommunalen Waldbesitzes aufrechtzuerhalten, damit hier bewusste Weichenstellungen für die langfristige Waldentwicklung unterstützt werden.

Bewertung: Die in den letzten Jahrzehnten fortschreitende Erhöhung des Anteils einheimischer Laubbaumarten an der deutschen Waldfläche (Basisszenario) ist aus naturschutzfachlicher Sicht zu begrüßen, aus Sicht des Klimaschutzes aber eher kritisch zu bewerten. Eine Erhöhung des Nadelholzanteils kann nur sehr langfristig vollzogen werden. Der Erhalt des gegenwärtigen Nadelholzanteils von 55,5 % wäre bereits ein wichtiger Schritt zur Aufrechterhaltung eines hohen Mitigationspotenzials. Um dies zu erreichen, müssten in der Forstwirtschaft sehr große Anstrengungen und Investitionen unternommen werden, denn der nötige Waldbau bedarf einer substanziellen Änderung der gegenwärtigen waldbaulichen Praktiken. Gegenwärtig überwiegt bei weitem die natürliche Verjüngung der Wälder (BWI 2012). Die Ausweitung der Fläche trockenheitstoleranter Nadelbaumarten auf Standorte, wo diese bisher nicht vertreten sind, wird auf den meisten Flächen nur durch Pflanzung erfolgen können. Die konnte im Modell nicht berücksichtigt

werden. Die ausgewiesenen Kosten dürften in der Realität daher höher ausfallen. Um Fortschritte in diesem Bereich zu erzielen, sind für den nichtöffentlichen Wald entsprechende Förderprogramme zu implementieren. Demgegenüber hatte der bisherige Waldumbau v. a. das Ziel, an die heutigen Standortbedingungen angepasste, einheimische Laubbaumarten zu fördern. Die Entwicklung der Flächenanteile von Buchen und Eichen zeigt, dass diese Bemühungen sehr erfolgreich waren. Die Erhöhung des Laubholzanteils hat möglicherweise auch zu dem überraschend hohen Anstieg des Bodenkohlenstoffs geführt. Auf den positiven Erfahrungen der letzten Jahrzehnte mit dem Waldumbau von labilen Nadelbaumreinbeständen in ökologisch stabilere Mischbestände sollte aufgebaut werden. Zur Verteilung der Risiken und zur natürlichen Verjüngung der Bestände sind daher Mischungen von Laubholz mit führenden Nadelbaumarten zu bevorzugen. Dies dürfte auch die gesellschaftliche Akzeptanz dieser Maßnahme erhöhen.

Der positive Effekt des „Nadelholzscenario“ ist im Wesentlichen an die höhere Biomasseproduktivität der Douglasie im Vergleich zu anderen Baumarten sowie an die höhere Substitutionseffizienz des Nadelholzes im Vergleich zum Laubholz gebunden. Durch eine wünschenswerte, aber noch nicht absehbare Verbesserung der Substitutionseffizienz des Laubholzes, z. B. durch die Entwicklung neuer, langlebiger Produkte, würde der Vorteil des Nadelholzscenario entsprechend abnehmen (s. a. Kap. 5.5.1).

Das oben mit einem komparativ-statischen Ansatz hergeleitete, enorme Potenzial eines Baumartenwechsels hin zu einem höheren Anteil trockenheitstoleranter Nadelbaumarten kann nur sehr langfristig realisiert werden. Bei einer vollständigen Umsetzung des Nadelholzscenario würden zulasten des Flächenanteils von Fichte und Kiefer letztendlich ca. 2,5 Mio. ha mit Douglasie zusätzlich zur jetzigen Fläche der Douglasie (217.000 ha) bestockt sein. An diese Fläche wird sich die reale Waldentwicklung aber nur schrittweise im Zuge der Verjüngung von Altbeständen annähern können. Eine optimistische Annahme für einen durchschnittlichen jährlichen Flächenzuwachs von 1,3 % oder 32.500 ha würde in ca. 80 Jahren zum Ziel führen. Weiterhin ist zu bedenken, dass die durchschnittlichen Nutzungspotenziale von jungen Douglasienbeständen (1 bis 40 Jahre) nicht wesentlich über denjenigen von Fichte und Kiefer liegen, sodass für den Betrachtungszeitraum bis 2050 allein die höheren Vorräte der Douglasienjungbestände im Vergleich zu den altersgleichen Beständen der beiden anderen Nadelbaumarten zum Tragen kommen. Die lange Verzögerung des Effekts des Baumartenwechsels auf die Klimaschutzleistung zeigt gleichzeitig, wie wichtig es ist, bereits jetzt die entsprechenden Weichen zu stellen, wenn zukünftige Generationen von dieser wichtigen Leistung der Wälder profitieren sollen.

5.4.5 Wiedervernässung von Moorwäldern

Bezeichnung der Maßnahme: Wiedervernässung von Moorwäldern

Beschreibung. Waldmoore sind Torfkörper, die im Waldverband liegen. Oft sind sie weitgehend mit Moor- oder Bruchwald bestockt, können jedoch auch offene Moorflächen oder sehr lückige Bestockung aufweisen. Die Zuweisung zu Wald oder Offenland ist in den Landeswaldgesetzen der Länder näher geregelt. Entwässerte Moorstandorte bieten ausreichende Bedingungen für Baumwachstum. Sie bewalden sich daher oft sekundär oder wurden aufgeforstet. Diese Wälder können standortabhängig dicht bis sehr lückig sein und gelten als Moorwälder.

Intakte Moore konservieren organische Substanz aufgrund der Wassersättigung und den daraus resultierenden anaeroben Bedingungen über tausende von Jahren. Moore haben eine 10-fach höhere Kohlenstoffkonzentration als mineralische Waldböden (SRU 2012). In Deutschland sind jedoch 95 % der Moore nicht mehr vollständig intakt, weil sie entwässert wurden, um eine landwirtschaftliche oder forstliche Nutzung zu ermöglichen (Goldbecker 2013). Die Drainage von Mooren führt zum Abbau des Torfkörpers und zur Emission von CO₂. Nach Indonesien ist Europa weltweit der zweitgrößte Emittent für moorbürtiges CO₂ (Joosten 2010). In Deutschland nehmen Moore nur 5 % der Landoberfläche ein, dort werden jedoch 40 % der Klimagasen in der Kategorie LULUCF freigesetzt (Bechtold et al. 2014). Diese Aussage bezieht sich jedoch im Wesentlichen auf die kultivierten und heute landwirtschaftlich genutzten Moorflächen. Lediglich 14 % der geschätzten 18.000 km² Moorfläche in Deutschland ist bewaldet (Flessa 2010). Im Staatswald gibt es vielerorts Bemühungen, renaturierbare Moorböden wieder zu vernässen. Waldflächen, die Moorböden aufweisen, werden bei der Waldbiotopkartierung häufig mit der Managementempfehlung „Wiedervernässung“ gekennzeichnet. Die Motivation für diese Maßnahmen ist der Naturschutz (Pfadenhauer und Klötzli 1996), seit einigen Jahren aber auch vermehrt der Klimaschutz (BfN 2012).

Maßnahmenszenario: Ein konkretes Szenario wird für die Wiedervernässung von Waldmooren nicht berechnet, da die Datengrundlage bezüglich der Fläche und des Zustands dieser Moore zu unsicher ist.

THG-Minderungspotenzial: Wenn der Wasserspiegel im Moorkörper ansteigt, sinkt die CO₂-Emission. Dieser Zusammenhang lässt sich mittlerweile mit nur geringen Unsicherheiten modellieren und die CO₂-Dynamik entsprechend vorhersagen (Metzger et al. 2015). Nach vorliegenden Untersuchungen kann die vermiedene CO₂-Freisetzung durch die Regeneration von Mooren Werte von 4,0 bis 15,5 t CO₂-Äq/ha pro Jahr betragen (Drösler et al. 2012b). Es bestehen hinsichtlich des Kohlenstoffspeicherungspotenzials von Mooren große Unsicherheiten. Vollständige Klimagasbilanzen für bewaldete Moore zu erstellen, ist sehr aufwändig (Maljanen et al. 2010). Entsprechend gering ist daher bislang die Datenverfügbarkeit für diesen Bereich und groß der Forschungsbedarf. Auch hinsichtlich der Methanfreisetzung aus Mooren bestehen aus diesem Grunde große Unsicherheiten. Allgemein wird angenommen, dass der Anstieg des Wasserspiegels in Mooren

bis über 20 cm unter der Geländeoberfläche des Moorkörpers zu Methanemissionen führen kann (Hommeltenberg et al. 2014, Jungkunst et al. 2008). Liegt der Wasserspiegel unterhalb dieser Grenze, gibt es keine Methanfreisetzung in die Atmosphäre. Besonders nach Wiedervernässung kommt es zu starker Methanproduktion (z. B. Hommeltenberg et al. 2014), die in ähnlicher Größenordnung an freigesetzten CO₂-Äquivalenten liegt wie die CO₂-Emissionseinsparung durch die Wiedervernässung. Insgesamt ist die C-Stabilisierung durch Wiedervernässung ein langsamer Prozess, der erst mittelfristig zum Erfolg führt. Auch die Freisetzung von N₂O aus Mooren kann bei Wiedervernässung eine Rolle spielen. Allerdings ist die Bedeutung bei den oft nährstoffarmen Waldmooren vermutlich von untergeordneter Bedeutung (Laurila et al. 2012). Ausnahmen bilden N-reiche Niedermoorstandorte, auf denen das Risiko der N₂O-Freisetzung nach Wiedervernässung größer ist.

Offen ist auch die Frage der Regenerierbarkeit degradierter Moorflächen, denn nur ein Teil der gestörten Moore kann durch Abbruch der Drainage regeneriert werden und so die ursprüngliche Klimafunktion wieder ausfüllen. Berücksichtigt werden muss hier auch, welche ökologischen Veränderungen die Flächen bereits erfahren haben und welche Biotope sich aktuell auf den nicht mehr intakten Moorflächen befinden. Wichtig ist bei der Managementplanung eine differenzierte Betrachtung unterschiedlicher Moortypen, gerade auch im Hinblick auf die Effizienz von Klimaschutzmaßnahmen. Während es für kleine Nieder- und Übergangsmoore im Wald („Waldmoore“) im Norddeutschen Tiefland oder auch den Mittelgebirgen bereits Leitfäden zur Wiedervernässung gibt (WAMOS; Zeitz und Luthardt 2010), ist die Frage der Regenerierbarkeit für andere Regionen und Moortypen noch nicht geklärt. Derzeit wird die fachgerechte Renaturierung von Waldmooren z. B. in Bayern und Baden-Württemberg in entsprechenden „Handbüchern Moorschutz“ aufgearbeitet.

Viele Experten sind jedoch der Meinung, dass die Wiedervernässung von bewaldeten Mooren vorteilhaft aus Sicht von Klima- und Naturschutz ist und positive Auswirkungen für den Landschaftswasserhaushalt hat. Dieser Aspekt wird auch in der öffentlichen Diskussion dieses Themas sowie von Verbänden und Naturschutzorganisationen hervorgehoben (NABU 2009). Für nicht bewaldete, nicht mehr intakte Niedermoorstandorte wurde darüber hinaus auf die Möglichkeit der Erlenwertholzproduktion nach Wiedervernässung hingewiesen (Schäfer und Joosten 2005), die aber oftmals ihre Grenzen in Schutzgebietslagen, der Befahrbarkeit und den Kosten seilkrangestützter Holzernte- und Bringungstechniken findet.

Die Dauerhaftigkeit der Wiedervernässung hängt vom Eigentümerwillen bzw. dem gewählten Politikinstrument ab: Selbstverpflichtung, freiwillige Klimaschutzmaßnahme, Grundbucheintragung bei Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme.

Vermeidungskosten: Die aktuellen Wiedervernässungsmaßnahmen in Moorwäldern sind teilweise durch die Unwirtschaftlichkeit der Nutzung motiviert. Bei Renaturierungsmaßnahmen in Moorwäldern treten im Allgemeinen geringe CO₂-Vermeidungskosten auf, wenn die Holzqualität der betroffenen Bestände gering ist und keine unerwünschten Auswirkungen auf benachbarten

Flächen auftreten. Gleichzeitig erfordert die Durchführung von Wiedervernässungsmaßnahmen sorgfältige Voruntersuchungen und Planungen, und die technische Umsetzung ist nicht immer einfach. Die idealtypische Renaturierungsmaßnahme besteht in einer vollständigen Grabenverfüllung. Diese sollte mittels geeigneter moortauglicher Bagger und Ladefahrzeuge mit Kettenantrieb maschinell umgesetzt werden, da sich diese Vorgehensweise in der Vergangenheit gegenüber manuellen Verfahren als dauerhafter erwiesen hat (LfU 2010). Eine Kostenkalkulation erfolgt dann nach Zeitaufwand und Stundensätzen. Dazu kommen noch Materialkosten, wie z. B. für Spundwände, Bauholz sowie Folgekosten des Projekts, wie z. B. für das Monitoring. Über die Höhe dieser Kosten finden sich allerdings in der Literatur kaum verlässliche Angaben; zudem sind diese je nach Projekt stark unterschiedlich (Drösler et al. 2012a). Nach mündlicher Auskunft der Niedersächsischen Landesforsten liegen die Gesamtkosten je nach Ausgangslage zwischen 10.000 und 30.000 €/ha. Dabei ist jedoch die Renaturierung der Moore das Ziel. Eine Wiedervernässung mit dem Ziel des Klimaschutzes könnte günstiger ausfallen, doch dafür gibt es keine Erfahrungswerte. Sollen die Wälder nach der Umsetzung der Wiedervernässungsmaßnahme weiter genutzt werden, z. B. weil dort produktive Bestände mit Fichte stocken, kommen zu diesen Kosten noch Kosten der Bewirtschaftungserchwernis hinzu.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte. Mit Verdrängungseffekten durch Wiedervernässung und damit verbundenen Zuwachsverlusten ist besonders dort zu rechnen, wo sich auf dränierten Moorflächen wüchsige Bestände etabliert haben. Dies ist v. a. für die Moorwälder in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern zu berücksichtigen. Auf diesen Flächen ist dann insbesondere die Frage der Regenerierbarkeit der Moore zu klären. Es ist außerdem zu berücksichtigen, dass die Wiedervernässung von Waldmooren auch benachbarte Waldbestände in ihrem Wachstum beeinträchtigen und dadurch deren Netto-THG Minderung verringern kann (Osterburg et al. 2013a). Ebenso kann es zu Beeinträchtigungen in der Bewirtschaftung benachbarter landwirtschaftlicher Flächen kommen, wenn der gesamte Gebietswasserhaushalt durch die Vernässungsmaßnahme verändert wird.

Abbildbarkeit in der Emissionsberichterstattung. Die Wiedervernässung von Moorwäldern wird in der Emissionsberichterstattung berücksichtigt. Auf Basis der IPCC-Durchschnittswerte für die Klimagasfreisetzung aus entwässerten Waldmooren ergibt sich eine geschätzte jährliche Emission von ca. 0,63 Mio t CO₂-Äq aus den Waldmooren Deutschlands (Osterburg et al. 2013a). Die Wiedervernässung von Waldmooren ist nach dem Kyoto-Protokoll als Maßnahme gegen den Klimawandel anrechenbar (Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls). Aufgrund fehlender Daten zur Quantifizierung der Treibhausgaseinsparung durch die Wiedervernässung öffentlicher Wälder sind die durchgeführten Maßnahmen derzeit jedoch nicht im Treibhausgasinventar darstellbar.

Mögliche Politikempfehlungen. Die Kohlenstoffsequestrierung durch intakte Hoch- und Niedermoore lässt sich mit zielgerichteten Maßnahmen ebenso sichern und erhöhen wie die Treibhausgasfreisetzung durch entwässerte und degenerierte Moorböden verringern. Die bewaldeten Moorflächen konzentrieren sich auf das Norddeutsche Tiefland, den Voralpenraum und einige Mittelgebirge. Um die Wirksamkeit der Maßnahmen im Wald zu erhöhen, empfiehlt sich die Fest-

legung gebietsbezogener Ziele. Diese schließen sowohl Projektfinanzierungen zum Schutz von Waldmooren als auch zur schonenden Bewirtschaftung hydromorpher Böden ein. Als Finanzierungsinstrumente bieten sich der Vertragsnaturschutz, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen/Ökokonten oder auch Kohlenstoffzertifikate für Moorwiedervernässungen an (z. B. MoorFutures-Aktion einiger norddeutscher Bundesländer). Hinzu kommen die seit 2013 eingeführten Fördermaßnahmen des Waldklimafonds zur Renaturierung von Mooren, die fortgesetzt werden sollten. In öffentlichen Forstbetrieben sollte der Erhaltung und Pflege von Waldmooren und Bruchwäldern mehr Beachtung geschenkt werden.

Bewertung: Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Wiedervernässungsmaßnahmen von bewaldeten Moorflächen vorteilhaft erscheinen, auch wenn das THG-Minderungspotenzial deutlich geringer ist als bei Moorflächen unter landwirtschaftlicher Nutzung. Gunstfaktoren sind die großen Synergien zwischen Naturschutz, dem Schutz des Landschaftswasserhaushaltes und dem Klimaschutz. Für eine abschließende Bewertung sind aber noch offene Fragen hinsichtlich der Methanfreisetzung bei Wiedervernässung und der Regenerierbarkeit degradierter Moore zu klären. Vorrang hat der Schutz intakter Moorflächen im Wald. Der Verzicht auf Torfabbau sollte eine Selbstverständlichkeit sein, und an der Bereitstellung von Torfersatzstoffen sollte weitergearbeitet werden.

5.5 Maßnahmen im Bereich Holzwirtschaft und Holzverwendung

Die Beiträge der Holzwirtschaft und der Holzprodukte zum Klimaschutz sind direkt mit den Produktionsbedingungen des Rohstoffs Holz in der Forstwirtschaft verbunden. Im Gegensatz zu den in der Forstwirtschaft zu vernachlässigenden THG-Emissionen der Holzproduktion und –bereitstellung beeinflussen Ausmaß und Intensität der industriellen Be- und Verarbeitungsprozesse die auf die Holzprodukte anzurechnenden Treibhausgasemissionen. Holzwirtschaft und nachgeordnete Wirtschaftssektoren ermöglichen jedoch durch die Verarbeitung des Rohholzes zu Holzhalb- und Fertigwaren und deren stoffliche Verwendung eine klimarelevante zeitliche Verlängerung der biogenen Kohlenstoffspeicherung. Die in die Holzwirtschaft überführten Holz mengen sind somit Teil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufs und ihr Klimaschutzbeitrag wird gemäß der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) erstmals in der 2. Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls berücksichtigt. Unter Anwendung der politischen und methodischen Vorgaben des internationalen Klimaschutzregimes beläuft sich die aus der C-Speicherung in Holzprodukten und den Prozessemissionen ermittelte Netto-Senkenleistung in Deutschland auf durchschnittlich etwas über -3,5 Mio. t CO₂-Äq/Jahr im Zeitraum 2009 bis 2013 (Rüter 2016a).

Ersetzen diese Holzprodukte in der Anwendung Produkte aus anderen Rohstoffen, deren Herstellung bzw. Nutzung mit höheren Treibhausgasemissionen verbunden sind (siehe z. B. Werner und Richter 2007), so werden stoffliche und energetische Substitutionspotenziale wirksam, die deutlich höher liegen können als die Speicherwirkungen im Wald (s. Kap. 5.4 sowie Rüter 2011a, Klein und Schulz 2012, Mund et al. 2015). Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine vermiedene, also

eingesparte CO₂-Freisetzung und die entsprechende Substitution unumkehrbar sind und sich ihr Effekt fortlaufend addieren lässt. Eine Minderung der potenziellen Substitutionsleistung oder gar eine negative Substitution würde nur dann entstehen, wenn sich die CO₂-Effizienz der Alternativprodukte erhöhen und die der Holzprodukte übersteigen würde. Substitutionspotenziale sind demzufolge nicht statisch, sondern dynamisch zu sehen. Für ihre Ermittlung müssen daher die Substitutionsfaktoren aufgrund der technologischen Rahmenbedingungen und der Marktentwicklungen durch periodisch zu aktualisierende Lebenszyklusstudien (Ökobilanzen nach ISO 14040/44) angepasst werden (s. Kap. 5.4). Für den Bausektor liegt seit kurzem eine europäische Normenreihe (insbesondere EN 15804) aus dem Bereich des Nachhaltigen Bauens vor, die auch für die Abschätzung von stofflichen Substitutionswirkungen der Bauholznutzung transparente Vorgehensweisen definiert. Die Methodik gibt eine transparente Trennung verschiedener Lebenszyklusabschnitte der zu bewertenden Bauprodukte vor und schließt potenzielle Gutschriften durch die Nachnutzung des jeweiligen Baumaterials von der Bewertung auf Produktebene aus.

Obwohl die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen im Bereich der Holzwirtschaft und der Holzverwendung für den Klimaschutz im Vergleich zu anderen Wirtschaftssektoren positive Wirkungen zeigen, untersteht auch der Holz- und Papierverbrauch dem absolut prioritären Handlungsziel, den immensen anthropogenen Ressourcenverbrauch zukünftig nachhaltig zu senken.

5.5.1 Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten¹⁷²

Beschreibung der Maßnahme: Ausweitung der stofflichen Nutzung von Holz, insbesondere in langlebigen Holzprodukten für eine Bauanwendung, zur Erhöhung der Speicherwirkungen und der Potenziale für Substitutionseffekte

Maßnahmenszenario: Aus den in Kapitel 5.4.3 beschriebenen Maßnahmen wird die Verkürzung der Produktionszeit im Wald (Szenario F) ausgewählt, die zu einem erhöhten Aufkommen an heimischem Rohholz führt. Das WEHAM-Modell ist in Variante F so ausgelegt, dass nach einem Start mit den Daten der BWI nach einer Laufzeit von 20 Jahren der Vorrat der BWI (von 1987) erreicht wird. Die Auswirkungen dieser Maßnahme werden für den Projektionszeitraum 2013 bis 2020 abgebildet und dem Basisszenario gegenübergestellt. Die Beschränkung auf diesen nahen Zeitraum wurde gewählt, weil für die Berechnungen der potenziellen Nutzungsmengen die gleiche Weiterverarbeitungs- und Produktionsstruktur wie im Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2009 für die Herstellung von stofflich genutzten Holzprodukten (Schnittholzprodukte, Holzwerkstoffe und Papier) verwendet wurde (Rüter et al. 2011).

¹⁷² Siehe Osterburg et al. (2014a: 116 ff.).

THG-Minderungspotenzial: Durch die Fortschreibung der Produktion und Nutzung von Holzprodukten aus heimischem Einschlag erhöht sich die Senkenwirkung des Speichers Holzprodukte gegenüber dem Basisszenario um jährlich durchschnittlich 4,7 Mio. t CO₂-Äq. Addiert man den über Substitutionsfaktoren ermittelten stofflichen Substitutionseffekt hinzu, können zusätzlich 8,4 Mio. t CO₂-Äq/Jahr vermieden werden. Damit wird das Minderungspotenzial mit 13,1 Mio. t CO₂-Äq/Jahr beziffert. Zugleich fallen bei der Herstellung von Holzprodukten verstärkt Industriesthölzer an, die einer direkten energetischen Nutzung in den Betrieben oder als Hackschnitzel und Pellets dem Bioenergiemarkt zugeführt werden. Ebenso wird durch die Mehrnutzung ein höheres Aufkommen an Altholz am Ende des Lebenszyklus anrechenbar (s. 5.5.3). Damit können fossile Brennstoffe ersetzt werden, was in Summe zu einem energetischen Substitutionseffekt in Höhe von 3,9 Mio. t CO₂-Äq/Jahr führt. Das aus Speicher- und Substitutionsleistung sich ergebende gesamte Minderungspotenzial von 17 Mio. t CO₂-Äq liegt effektiv um 7.8 Mio. t CO₂-Äq unter dem Basisszenario, bedingt durch die Emissionen aus dem Abbau des Waldspeichers (vgl. 5.4.3 und die dort gemachten Ausführungen hierzu). Die Annahmen zu dieser Abschätzung sind in Rüter et al. (2011) detailliert erläutert. Die dort begründete Bezugnahme auf die etablierte Holzverwendung spiegelt die Effekte eines gesteigerten Holzeinsatzes insbesondere in langlebigen Anwendungen nur ansatzweise wider. So haben z. B. Werner et al. (2006) in einer dynamischen Modellierung für Schweizer Wald- und Holzverwendungsszenarien bis ins Jahr 2100 aufgezeigt, dass die Kopplung einer Einschlagserhöhung mit einer gesteigerten Holzverwendung erst nach 75 Jahren zu THG-Einsparungen führt, die dann allerdings langfristig auf hohem Niveau verbleiben und alle anderen Optionen übertreffen. Die Tendenz zu dieser Entwicklung ist auch in Abb. 5.1.2 zu erkennen, wo die relativen THG-Vorteile des Szenarios F gegenüber Szenario D in den ausgewiesenen 5 Jahresintervallen mit zunehmendem Zeithorizont größer werden. Auch eine aktuelle europäische Studie zu den Klimawirkungen der Holznutzung bestätigt die Potenziale einer langfristig ausgerichteten stofflichen Holznutzung (Rüter et al. 2016). Gegenüber einem auf die Erreichung von Bioenergiezielen ausgerichteten Referenzszenario werden für die Periode 2021-2030 jährliche Emissionseinsparungen durch Materialsubstitution über eine vermehrte Bauholzverwendung von 11 Mio t CO₂-Äq ermittelt. Für die effektive Realisierung der höheren Substitutionseffekte und zukünftige Umsetzungen einer Kaskadennutzung von Holz ist die Holzbauquote in Wohn- und Industriebauten in den kommenden Jahren weiter zu steigern.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die durch erhöhte stoffliche Nutzung von Holz bewirkte THG-Minderung kann kurzfristig initiiert werden und ist eine dauerhafte Maßnahme. Das Umleiten des biogenen Kohlenstoffs aus nachhaltig bewirtschafteten Waldsystemen in die Technosphäre wirkt gegen das Ausbilden eines Gleichgewichtszustands der Kohlenstoffspeicherung in der Waldsenke, das sich bei Nutzungsverzicht einstellen würde. Der Aufbau einer Senke für biogenen Kohlenstoff in der Technosphäre in Form von Holzprodukten stellt eine sehr effektive Maßnahme des Klimaschutzes dar, deren wesentliche Einflussparameter die jährlich gespeicherte Menge und Speicherzeit von planerischen und technischen Maßnahmen bestimmt werden und mittelfristig in der Speichergröße nicht begrenzt sind. Das theoretische Potenzial für den Ausbau des Holzbauanteils und des Ersatzes von Baustoffen aus nicht regenerativen Ressourcen ist hoch, die Umsetzung der Möglichkeiten wird wesentlich von der ausreichend

gesicherten Rohstoffverfügbarkeit (Menge, Qualität), den langen Erneuerungszyklen und der Trägheit der Bauprozesse bestimmt. Gekoppelt mit dem Speicheraufbau im Baubereich sind die als klimawirksam ausweisbaren Effekte der stofflichen und energetischen Substitution, die die Speicherwirkung zahlenmäßig übertreffen. Die bei deren Berechnung anzuwendenden Substitutionsfaktoren werden derzeit in laufenden Forschungsvorhaben durch qualitativ besser aufgelöste und aktualisierte Ökobilanzuntersuchungen verbessert (vgl. Kapitel 5.4). Erste Abschätzungen der stofflichen Substitutionswirkungen der Holznutzung weisen auf deutlich geringere Substitutionseffekte hin, verglichen mit den Prognosen, basierend auf den von Sathre und O'Connor (2010) hergeleiteten Faktoren. Neben den methodisch genauer zugeordneten Beziehungen spielen dabei auch die im Baubereich nach der Wirtschaftskrise 2008 gesunkenen nationalen Holzverwendungen eine Rolle. Rüter (2016b) schätzt, dass die jahresdurchschnittliche stoffliche Substitution in Deutschland auf Basis der Holznutzung der Jahre 2005 bis 2009 (ca. 57 Mio t CO₂-Äq) auf ca. 30 Mio. t CO₂-Äq abgesunken ist, wenn die Verbrauchsmengen 2010 bis 2014 und überarbeitete Substitutionsfaktoren zugrunde gelegt werden. Auch wird die Substitutionseffekte der energetischen Nutzung von Holz mittelfristig im gleichen Maß sinken, wie z. B. im Strommix der Anteil an anderen erneuerbaren Energien zunimmt. Dennoch sind die Substitutionseffekte bei der stofflichen und energetischen Verwendung auch bei der aktualisierten Betrachtung die effizienteste Maßnahme der THG-Minderung. Sie können durch Effizienzsteigerungen in der industriellen Holzverarbeitung (Kap. 5.5.2) und den Ausbau der Kaskadennutzung (Kap. 5.5.3) dazu beitragen, die THG-Vorteile einer gesteigerten Holzverwendung weiter auszubauen.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Neben den positiven Substitutionseffekten der THG-Emissionen hat die Erhöhung des Ge- bzw. Verbrauchs von Holzprodukten weitere Auswirkungen auf die Umwelt, welche z. B. als Versauerungs-, Ozonbildungs- oder Toxizitätspotenzial in einer Ökobilanz (ISO 14040/44) abgebildet werden können. Wird bei den Verarbeitungs- und Unterhaltsprozessen auf umweltgefährdende Stoffe (Fungizide, Insektizide, Brandschutzmittel) bei Schutz- und Veredelungsmaßnahmen verzichtet, z. B. durch die Beachtung konstruktiver Maßnahmen oder Anwendung neuer Modifikationsverfahren, zeigen viele Holzprodukte auch in anderen Umweltwirkungen Vorteile gegenüber funktionsgleichen Alternativprodukten (vgl. u. a. Werner und Richter 2007).

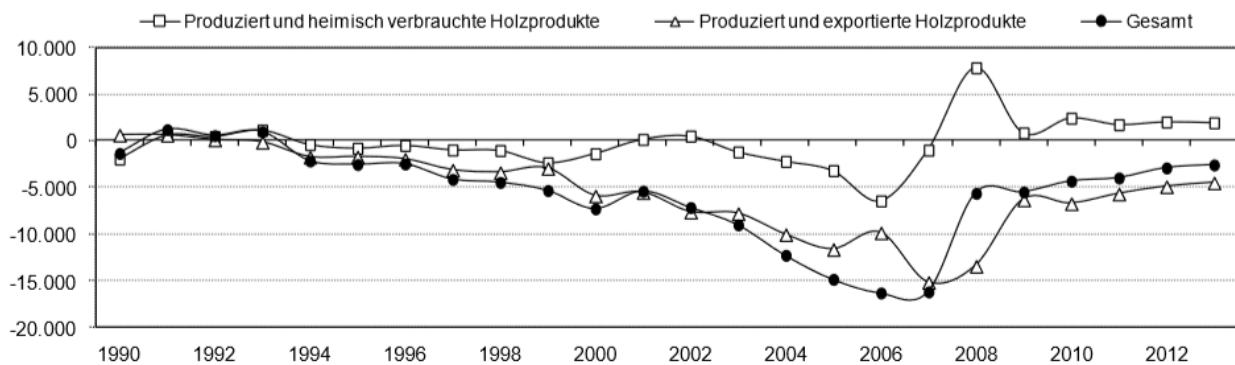
Vermeidungskosten in Euro pro Tonne CO₂-Äq: Der volkswirtschaftliche Nutzen einer Erhöhung der Rohholznutzung durch Umtriebszeitverkürzung wurde bereits in Kap. 5.4.3 mit 3,15 Mrd. €/Jahr für die Periode 2014-2018 beziffert und mit der Wertschöpfung in den einzelnen holzverarbeiteten Industrien begründet. Bei konkreter Betrachtung der Kosten für eine Erhöhung des Holzeinsatzes im Bauwesen sind starke regionale und konjunkturelle Einflüsse zu berücksichtigen. Sie werden von der Intensität der Umsetzung beeinflusst, die wiederum von den Entscheidungen der Bauschaffenden, insbesondere den Präferenzen der Bauherren zu den sich bietenden baulichen Alternativen bestimmt werden. In einer Fallstudie an fünf leistungsgleich in Standard- und Holzbauweise erstellten Gebäuden hat König (2012) ermittelt, dass die Holzbauweise in vier Fällen weniger oder gleich viel Kosten wie die Standardbauweise verursacht. Er erklärt dies mit der industriell-technischen Entwicklung, die viele Holzbauunternehmen in den letzten Jahren durch-

laufen haben und die durch die rationelleren Prozesse zu Kosteneinsparungen führt. Die CO₂-Vermeidungskosten lagen beim Gebäude mit den höheren Baukosten bei 69 €/t CO₂, für alle anderen Bauten wurden negative Vermeidungskosten ermittelt, d. h. es handelt sich um eine „no-regret“ Option.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Bei unverändertem Holzaufkommen bedeutet eine Erhöhung der stofflichen Nutzung von Rohholz ein sinkendes Potenzial für die direkte energetische Nutzung, die in der letzten Dekade in Deutschland insgesamt deutlich angestiegen ist. Das Defizit wird abgemindert, indem die anfallenden Industrierestholzmengen auch für die Wärmeerzeugung nutzbar sind, und weil der Einsatz von Holz im Bauwesen und bei Sanierungen zu hohen Energiestandards (Wärmeschutz) führt, sodass der Verbrauch an Wärmeenergie sinken wird. Der zunehmende Bedarf auf der Rohholzseite kann durch eine Erhöhung des Holzaufkommens u. a. durch die Maßnahmen 5.4.1 und 5.4.3 erreicht werden. Die möglichen Auswirkungen der Umsetzung einer Kaskadennutzung auf die Holzaufkommen sind in Kap. 5.5.3 beschrieben.

Abbildbarkeit in der THG-Berichterstattung: Die Anrechnung des Produktspeichers in die THG-Berichterstattung gemäß des Kyoto-Abkommens ab dem Jahr 2015 wurde in den Verhandlungen in Durban beschlossen. Die Mitgliedstaaten sind aufgefordert, jährlich eine Treibhausgasberichterstattung über den Beitrag der Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten zur nationalen CO₂-Bilanz vorzulegen. Um diesen Prozess konform mit den Anforderungen der internationalen Staatengemeinschaft abbilden zu können, wurde am Thünen-Institut ein Berechnungsmodell entwickelt (WoodCarbonMonitor) und bereits zum ersten Reporting 2015 eingesetzt (Rüter 2016a). Abbildung 5.14 zeigt die im Nationalen Inventarbericht (NIR) aufgeführte Entwicklung der Netto-CO₂-Emissionen und Einbindungen in Holzprodukten von 1990 bis 2013. Die Darstellung weist zudem auf die Bedeutung des hohen Exportanteils der deutschen Holzindustrie hin, was in der nationalen Kohlenstoffberichterstattung berücksichtigt wird, und zeigt die positive Entwicklung der Netto-Senkenwirkung durch die Holzverwendung bis zum Jahr 2006. Der anschließende massive Rückgang des heimischen Verbrauchs von Holzwerkstoffen bzw. Spanplatten in den Jahren 2007 und 2008 durch die Wirtschaftskrise und die verzögerte Reaktion der Exportmengen führte zur deutlichen Abschwächung der Senkenwirkung.

Abbildung 5.14: Nationale Netto-CO₂-Emissionen und Einbindungen in Holzprodukten (in 1.000 CO₂)



Quelle: Rüter (2016a).

Mögliche Politikmaßnahmen: Die Ausweitung des Holzeinsatzes im Bausektor stellt derzeit klimapolitisch das größte aus der Holzverwendung umsetzbare Potenzial dar. Die durchschnittliche Holzbauquote liegt mit ca. 16 % in Deutschland aktuell weiter hinter den Anteilen der Massiv- und Stahlbauindustrien zurück; sie zeigt deutliche Unterschiede in den Bundesländern und in den Gebäudearten. Obwohl der Holzbau im Ein- und Zweifamilienhausbau die höchsten Anteile (mit über 20 % in den südlichen Bundesländern) erreicht hat, werden in diesem Sektor mittelfristig keine weiteren Steigerungsraten erwartet. Diese werden im mehrgeschossigen Wohnungsbau prognostiziert, wo der Holzbau derzeit unter 5 % Marktanteil ausweist (Holzbau Deutschland 2014). Im internationalen Vergleich liegt der Holzbauanteil Deutschlands im Wohnungsbau leicht über dem Durchschnitt. Höchste Anteile mit teilweise über 80 % weisen die skandinavischen und nordamerikanischen Länder auf, während in Südeuropa die Anteile in einzelnen Ländern gegen null tendieren. In Österreich und der Schweiz konnte die Holzbauquote durch Technologieentwicklungen und angepasste Bauvorschriften auf über 30 % gesteigert werden. Für Deutschland ermitteln Mantau und Kaiser (2013) ein Holzverwendungsvolumen im Hochbau von insgesamt 13,4 Mio. m³(b) verbautes Holz, was einem Festmeteräquivalent von 16,3 Mio. m³(s) entspricht. Sie rechnen für den Zeitraum 2012 bis 2018 mit einer Verbrauchssteigerung von gut 2 Mio. m³(b) Holz im Wohnungsbau, was durch die aktuellen verabschiedeten Programme für die Bereitstellung von zusätzlichem Wohnraum erhöht werden dürfte. Im gleichen Zeitraum werden für den Nichtwohnbau deutlich geringere Mengensteigerungen für Holz erwartet (0,2 Mio m³(b) Holz bis 2018). Die technischen Herausforderungen für den Holzbau zur Erreichung weiterer Verbrauchssteigerungen liegen in der Ausschöpfung der Möglichkeiten der konsequenten Vorfertigung (mit Bauzeit-, Kosten- und Qualitätsvorteilen), der Verbesserung der Schallschutzwerte und der Ausschöpfung der heutigen Möglichkeiten des aktiven und passiven Brandschutzes. Zudem realisiert die Holzverwendung schon derzeit überproportionale Zuwächse bei der Gebäudesanierung, auch im urbanen Bereich. Durch das vorteilhafte Verhältnis von Gewicht und Festigkeit des Hauptwerkstoffs ist die Holzbautechnologie prädestiniert für rationelle Gebäudeaufstockungen und städtische Lückenbebauungen. Der Gewerbe- und Industriebau kann von der Weiterentwicklung statisch hochbelastbarer Produkte wie Furnierschichtholz aus Laubholz profitieren, die schlanke-

re Bauteile und effizientere Anschlüsse an Verbindungsmittel erlauben. Eine hohe Bedeutung innerhalb der Holzbautechnologien kommt den lastabtragenden Brettsperrholz- und Holzdammsstoffplatten zu, da sie durch hohe Holzvolumina (grosse C-Speicher) und vorteilhafte bauphysikalische Eigenschaften (Wärmeschutz, Feuchteregulation) in ihrer Wirkung auf den Klimaschutz vorteilhaft eingestuft werden.

Die stoffliche Nutzung von Holz im Bauwesen ist durch die Fortschreibung von Förderschwerpunkten auf Bundes- und Länderebene zu begleiten (BMEL: Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe, Waldklimafonds; BMUB: Forschungsinitiative Zukunft Bau; DBU Bundesstiftung Umwelt). Um die Anteile von Holz insbesondere am mehrgeschossigen Bauen zu steigern, bedarf es der Weiterentwicklung der Material- und Verarbeitungsprozesse auf Produkt- und Bausystemebene, insbesondere zu neuen Bauprodukten auf Furnier- und Vollholzbasis aus Laubholz, Wärmedämmstoffe aus Holz, Laubholztechnologie, Hybridbauweisen (ins. Holz-Beton Verbund), Schadstoffemissionen und Wohngesundheit. Das Monitoring für die Berichterstattung der Klimawirkungen muss aufgebaut und verfeinert werden, um neben den Speichereffekten auch die Substitutionspotenziale genauer quantifizieren zu können. Auch dazu kann das Rechenmodell WoodCarbonMonitor eingesetzt werden.

Mit dem Ziel, den Holzbauanteil zu erhöhen, hat der Deutsche Holzwirtschaftsrat Maßnahmenvorschläge formuliert, die in Ergänzung zum Nationalen Aktionsplan und zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 zu sehen sind (DHWR 2015). Sie beziehen sich u. a. auf die Förderung der Zertifizierung für nachhaltiges Bauen, die Einbeziehung des Primärenergieeinsatzes beim Energieausweis, die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus bei der Energiebilanz von Baumaterialien oder auf die Anpassung des Baurechts im Bereich des Brandschutzes. Insbesondere beim Abbau von Regelungen in einzelnen Landesbauordnungen, die den Holzbau benachteiligen, wird ein nutzbares Potenzial zur Steigerung der Holzbauquote gesehen. Die Hersteller von Holzbauprodukten sind angehalten, aktiv auf die Bauindustrie zuzugehen, um Zukunftspotenziale zu erschließen (Hurmekoski et al. 2015).

Die sektoralen Wirtschafts- und Industrieverbände sind aufgefordert, gemeinsam mit den föderalen Bildungsinstitutionen für die durchgängige Bereitstellung und Vermittlung zukunftsgerechter Ausbildungsinhalte für den fachgerechten Umgang mit Holz und seinen Produkten einzutreten. Das Berufsbild der Holzhandwerksberufe ist heute bereits vergleichsweise attraktiv, weil moderne und zukunftsfähige Technologien integriert sind. Die universitäre Ausbildung insbesondere im Bereich Holztechnologie, -architektur und -bau ist weiter in die Breite zu tragen, damit mangelnde Fachkenntnisse nicht Ausschlusskriterium für Baulösungen aus Holz sind.

Durch die Umsetzung bereits entwickelter Instrumente können weitere Optionen zur kostengünstigen Förderung der stofflichen Nutzung von Holz bewirkt werden. Beispielsweise lassen viele Systeme für die Bewertung der Nachhaltigkeit im Bauwesen (z. B. Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude, BMVBS 2011) die mit der Herstellung der Bauprodukte verbundenen THG Emissionen in die Bewertung einfließen. Durch eine Anhebung der bislang nur mit je

3,75 % in die Gesamtbewertung einfließenden Indikatoren „Treibhauspotenzial“ und „Primärenergieverbrauch“ (Stand: BNB 2015) könnte eine Herausstellung von energie- und emissionsarm hergestellten Bauprodukten und -werken erzielt werden, wovon u. a. Holz überdurchschnittlich profitieren würde. Eine weitere Maßnahme stellt die finanzielle Förderung von CO₂-effizienten Bauweisen dar. Mit diesem Förderanreiz gewährt z. B. die Stadt München im Rahmen ihres „Münchner Förderprogramms Energieeinsparung“ seit 2013 einen CO₂-Bonus für den Einsatz von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen in der Gebäudekonstruktion von 30 Cent/kg.

Bewertung: Bei dem gegenwärtigen Aufbau des Waldes in Deutschland hinsichtlich Altersstruktur und Vorrat übertrifft die nachhaltige stoffliche Nutzung mittel- und langfristig deutlich die Wirkung der Kohlenstoffspeicherung in der Biomasse. Diese Effekte wurden u. a. auch in Simulationsmodellierungen in anderen europäischen Ländern nachgewiesen (Werner et al. 2005, Schwarzbauer und Stern 2010, Lundmark et al. 2014). Die Förderung der stofflichen Nutzung nachhaltig erzeugten einheimischen Holzes in möglichst langlebigen Produkten (d. h. vorwiegend im Bausektor) stellt somit eine der effektivsten Handlungsoptionen dar, die CO₂-Bilanz der Forstwirtschaft und von Holzprodukten zu verbessern. Einige Bundesländer haben daher inzwischen eigene Klimaschutzgesetze erlassen, in denen sie auch gezielt auf die nachwachsende Ressource Holz als Bau- und Werkstoff setzen. Die erkannten Potenziale müssen durch strategische Ausrichtung der Produktions- und Nutzungswege von Holzprodukten weiter ausgebaut werden. Einflussgrößen sind dabei v. a.: energie- und ressourceneffiziente Prozesse, langlebige, kreislauffähige holzbasierte Produkte, die über das Bauwesen hinaus auch in der Transport- und in der Maschinenindustrie zum Einsatz kommen. Die bisher vorliegende Berechnung der Effekte bildet v. a. die etablierte Nadelholztechnologie ab. Vertreter der Säge- und Holzbauprodukteindustrie ebenso wie Wissenschaftler warnen, dass die Umstellung der Prozesse und Produkte auf Laubholzsortimente die Potenziale des Holzbaus gefährden können, weil die Bedingungen für den wirtschaftlichen und anforderungsgerechten Einsatz von Laubholz schwieriger sind als beim Laubholz (Mantau, 2015). Den in der BWI 3 sich abzeichnenden Veränderungen in der zukünftigen Baumartenzusammensetzung muss daher durch eine gezielte Förderung von standort- und klimaangepassten Nadelholzarten in akzeptierten Waldbaukonzepten begegnet werden. Gleichzeitig sind Materialforschung und Industrie aufgefordert, zeitnah ausreichendes Wissen und Kompetenz für die leistungsfähige Laubholzverarbeitung und -verwendung zu erarbeiten, damit zukünftig ein weit- aus höherer Anteil des Holzangebotes aus dem Wald für die stoffliche Nutzung eingesetzt werden kann.

5.5.2 Steigerung der Effizienz beim Holzrohstoff- und Energieeinsatz in der Holzindustrie¹⁷³

Beschreibung der Maßnahme: Die Verbesserung der Verarbeitungs- und der Prozesstechnologie bei den technischen Holztransformationen sowie eine im Hinblick auf den Energieverbrauch effizientere Herstellung der Holzprodukte führen direkt zur Reduktion der THG-Emissionen des Sektor Holzwirtschaft. Indirekt führt dies zu einer Erhöhung des Substitutionspotenzials von Holzprodukten, da mit weniger Holz- und Energieeinsatz mehr Produkte hergestellt werden können bzw. weniger THG-Emissionen verursacht werden als bei der Herstellung von Alternativprodukten. „Ziel der Maßnahme ist der effiziente Einsatz von [stofflichen und energetischen] Ressourcen bei möglichst hoher Wertschöpfung. Durch gezielte Instrumente, wie z. B. die Einführung von Energiemanagementsystemen, kann in Betrieben der Holzwirtschaft kurz- und mittelfristig [...] ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess beim Energieeinsatz initiiert werden, der lang anhaltende positive Effekte bewirken wird“ (Osterburg et al. 2013a: 118). Die Verbesserung der stofflichen Ressourceneffizienz zielt durch die Verbesserung von Sortierverfahren und der Ausbeuteoptimierung insbesondere bei der primären Holzbearbeitung auf die Hauptproduktsortimente ab. Weitere Möglichkeiten zur Steigerung der Ressourceneffizienz ergeben sich zudem durch die Kombination von physikalisch-technologischen Umformprozessen mit intelligentem Produktdesign. So kann Holz beispielsweise materialsparend in hochleistungsfähige Konstruktionsbauteile (z. B. Röhren) überführt werden (Haller 2012).

Maßnahmenszenario: Um den möglichen Effekt einer Stromeinsparung größenordnungsmäßig einschätzen zu können, unterstellen Osterburg et al. (2013a) als Szenario, dass bei der Herstellung einer gleichbleibenden Produktionsmenge von Holzprodukten der Stromverbrauch jährlich um 1 % reduziert wird. Die Annahme bezieht sich auf den Stromverbrauch, der von Rüter und Diederichs (2012) für die Produktion von Schnittholzprodukten und Holzwerkstoffen (ohne Holzämmstoff und Röhrenspanprodukten), die vom Statistischen Bundesamt für diese Produkte gemeldeten Produktionsmengen für das Jahr 2009 (Statistisches Bundesamt 2010) und berücksichtigt die THG-Emission für die Bereitstellung von 1 kWh nach dem deutschen Strommix (562 g CO₂-Äq/kWh im Jahr 2012 nach UBA 2014c: 1).

THG-Minderungspotenzial: Die Berechnungen ergeben, dass in den Unternehmen der betroffenen Branchen der Anteil des kumulierten Stromverbrauchs mit 0,52 % zu den durch die Erzeugung von Strom verursachten THG-Emissionen beiträgt. Würden die Verbrauchszahlen um 1 % gesenkt, lassen sich ca. 15.000 t CO₂-Äq/Jahr einsparen, die ansonsten durch die Erzeugung dieser Strommenge entstanden wären. Hohe sektorale Einsparpotenziale bestehen bei Antriebsmotoren, Trocknungs- und Pressprozessen, der pneumatischen Absaug- und Druckluftversorgung und der Vermeidung von Verlusten. Es ist realistisch anzunehmen, dass durch einen effizienteren

¹⁷³ S. Osterburg et al. (2013a: 118ff).

Einsatz von Holz zur Erzeugung von Wärmeenergie das Minderungspotenzial deutlich erhöht werden kann. Auch eine Verbesserung des Rohstoffeinsatzes wirkt sich positiv auf die THG-Bilanz des Wirtschaftssektors aus, weil dadurch weniger Rohholz für die Bereitstellung derselben Produktmenge eingesetzt werden muss.

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Maßnahmen zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz bei der Transformation von Holz und der Verwendung von Produkten aus Holz können kurzfristig eingeleitet werden und wirken dauerhaft.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Aus den technischen Maßnahmen der Effizienzsteigerung in der Bearbeitungs- und Verfahrenstechnik können in den Vorketten der eingesetzten Technologien *Rebound*-Effekte entstehen, die zu einer Erhöhung von anderen Umweltwirkungen führen. Bei Hinweisen auf relevante Veränderungen ist die Verhältnismäßigkeit des Einsatzes über Technikfolgeabschätzungen zu prüfen.

Vermeidungskosten in € pro t CO₂-Äq: Die Kosten der vorgestellten Effizienzsteigerung lassen sich nur unsicher überschlagen, da sehr individuelle Möglichkeiten einer Umsetzung bestehen. Investitionen zur Sortier- und Ausbeuteoptimierung sind in Abhängigkeit von den Holzpreisen betriebswirtschaftlich zu bewerten. Sie werden darüber hinaus stark von der eingesetzten Technologie und deren Robustheit bestimmt. Anschaffungskosten für die Stromeinsparung amortisieren sich nach vorliegenden Erfahrungen rasch. Mit kleinen Veränderungen können in Abhängigkeit des Entwicklungsstands der Unternehmen beachtliche Wirkungen erzielt werden. *High-Efficiency*-Motoren zum Antrieb der Aggregate der mechanischen Holzbearbeitung haben beispielsweise einen 4 bis 10 % höheren Wirkungsgrad gegenüber Standardmotoren. Ihre bis zu 50 % höheren Anschaffungskosten können sich aber innerhalb von zwei Jahren amortisieren. Eingriffe in Produktionsverfahren und Veränderungen der Verfahrenstechnik, wie z. B. Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen können ebenfalls wirksame Effizienzsteigerungen auslösen, allerdings sind hier die Amortisationsperioden länger. Aus volkswirtschaftlicher Sicht entsteht in der Regel eine Hebelwirkung, da die durch einen verbesserten Material- und Energieeinsatz eingesparten Rohstoffe und Energieträger an anderer Stelle in und außerhalb der Branche zu einer Ausweitung der Produktion führen können.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist ein sparsamer, aber zweckgerichteter Einsatz der Ressource Holz grundsätzlich positiv zu bewerten. In Bezug auf die Klimawirksamkeit der Holzprodukte gibt es Verschiebungen in den Sortimenten. Eine Steigerung der Materialeffizienz wird bei konstanter Rohholzverfügbarkeit zu einem Rückgang der Sägenebenprodukte führen, wodurch die Versorgung der industriellen Holzenergiebereitstellung und der Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrien beeinträchtigt wird. Die Auswirkungen von Verschiebungen zwischen der stofflichen zur energetischen Nutzung werden in Bayern von Weber-Blaschke et al. (2015) als nicht signifikant für die Klimawirkung eingestuft. Werden die Maßnahmen mit dem Ziel einer konstanten Versorgung der Märkte durchgeführt, wird der Holzvorrat im Wald aufgebaut. Es muss durch die Maßnahmen entsp. Kap 5.5.1 sichergestellt werden,

dass die zur Verfügung stehenden Mengen in die stoffliche Nutzung einfließen, was auch beim Umgang mit freiwerdenden Holzmengen im Zusammenhang mit einer Kaskadennutzung gefordert wird (Höglmeier et al. 2015).

Abbildung in der THG-Berichterstattung: Die exemplarisch vorgestellten Maßnahmen zur Steigerung der Material- und Rohstoffeffizienz senken den Einsatz von Waldholz. Dies führt zu verringerten Emissionen im LULUCF-Sektor in den Kategorien „verbleibende Waldfläche (Konventionsberichterstattung)“ und „Waldbewirtschaftung (Kyoto Protokoll)“. Die Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz hingegen wirken sich in der THG-Berichterstattung auf die Sektoren Energie bzw. Industrieprozesse aus, wo die klimarelevanten Emissionen aus Holzindustrieprozessen sinken.

Mögliche Politikmaßnahmen: Es sollten Finanzmittel zur Aufklärung und Information der Branche über die möglichen Effekte bereitgestellt werden. Die Einrichtung von Modell- und Demonstrationsvorhaben und die Unterstützung von Pilotprojekten (z. B. Einführung von Energiemanagementsystemen) wird als zielführend erachtet. Die Beauftragung von Gutachten und Studien zur Wirkungsanalyse ist eine zentrale begleitende Maßnahme. Effizienzsteigerungen und klimafreundliche Optimierungen der Prozesse in der Wertschöpfungskette können z. B. über den Waldklimafonds gefördert werden.

Bewertung: Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Steigerung der Prozesseffizienz sind nicht explizit auf die Branchen der Holzbe- und Verarbeitung anzuwenden, sondern gelten für alle Bereiche der Wirtschaft. Die Optimierungen können zusätzlich eine Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit bewirken und sichern damit direkt die Wirtschaftskraft der betroffenen Betriebe. Indirekt kann die Stellung der Holzbranche im internationalen Kontext verbessert werden. Konflikte mit anderen Klimaschutzmaßnahmen sind kaum zu erwarten, wenn die gesetzlichen Vorschriften bei der Umgestaltung der technischen Herstellungsverfahren beachtet werden und keine negativen Folgen für die Umwelt entstehen. Positive Effekte auf die Effizienzsteigerung werden sich aus der Informations- und Automatisierungstechnik ergeben. Die computergestützte Fertigung kommt v. a. den zerspanbaren Werkstoffen wie Holz zugute. Die Flexibilität der Fertigung beflügelt den architektonischen Entwurf und befreit die Konstruktion zusehends von ihrem einst massiven Erscheinungsbild. Die Informationstechnik wird neue Methoden der Analyse, Strukturerkennung und Simulation ermöglichen, von denen komplexe Materialien wie Holz und seine Anwendungen in besonderer Weise profitieren.

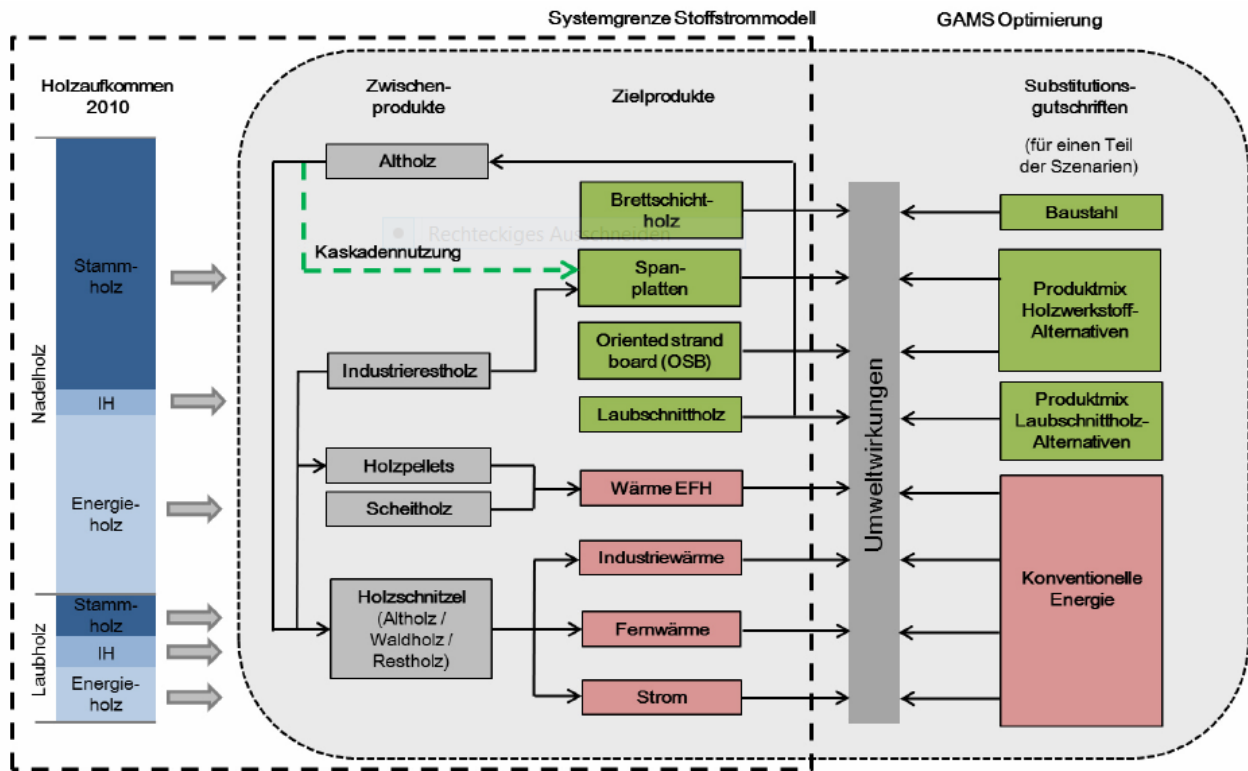
5.5.3 Steigerung des Einsatzes von Altholz und der Kaskadennutzung in der Holzindustrie¹⁷⁴

Beschreibung der Maßnahme: Derzeit werden jährlich ca. 78 % des durch Altholzverwerter erfassten und aufbereiteten Altholzes (5,6 Mio. t/Jahr) energetisch und 20 % stofflich verwertet, knapp 2 % finden in der Landwirtschaft Verwendung. Der Gesamtmarkt an Altholz bemisst sich auf 9,1 Mio. t/Jahr und schließt Mengen mit ein, die direkt in der Industrie oder in Kommunen verfeuert werden (Mantau et al. 2012). Für die Definition der Kaskadennutzung ist die stoffliche Nutzung der Biomasseeinheit zentral. Es werden einstufige und mehrstufige Kaskaden unterschieden, wobei als Kaskadenstufe die Anzahl der stofflichen Nutzungen verstanden wird. Höglmeier (2015) zählt die direkte energetische Nutzung eines Holzproduktes nach der Erstnutzung (einstufige Kaskade) nicht zur Kaskadennutzung, weil angesichts des Deponieverbots in Deutschland jedes stofflich genutzte Produkt energetisch endgenutzt werden muss. Um also das Ziel der verbesserten Ressourceneffizienz zu erreichen und den Gesamtnutzen pro Rohstoffeinheit zu erhöhen, sollte die Kaskadennutzung eine mindestens zweimalige stoffliche Nutzung des Holzes umfassen und mit der energetischen Verwertung abgeschlossen werden. Bisher fehlen jedoch für den Rohstoff Holz fundierte Ermittlungen der für eine Kaskadennutzung grundsätzlich geeigneten Altholzpoteziale, ebenso wie umfassende Untersuchungen, ob eine Kaskadennutzung im Vergleich zur Nutzung von Primärressourcen tatsächlich umwelt- und klimafreundlicher sowie ressourcenschonender ist.

Maßnahmenszenario: Anhand eines Stoffstrommodells, das auf der aktuellen bayerischen Holznutzung basiert und Ökobilanz-Ergebnisse für alle Prozesse vom Wald bis zur finalen energetischen Verwertung beinhaltet, werden Effekte einer Kaskadennutzung auf Umweltwirkungen und Holzverwendung auf der Ebene eines umfassenden regionalen Nutzungssystems untersucht (Höglmeier et al. 2015). Im Gegensatz zur Modellierung linearer Nutzungskaskaden ermöglicht dieser Ansatz auch Aussagen über die Effizienz der Verwendung des mengenmäßig begrenzt verfügbaren Rohstoffs Holz. Das Modell berücksichtigt zudem auch die indirekten Effekte, die außerhalb der eigentlichen Nutzungskaskade, z. B. durch Sortimentsverschiebungen, auftreten. Auf Basis des Stoffflussmodells werden mit der Methode der algebraischen Optimierung die Umweltwirkungen auf ausgewählte Umweltkategorien, u. a. auf den Treibhauseffekt ermittelt. Durch den Vergleich von Szenarien mit und ohne Kaskadennutzung wird die Auswirkung auf das Holznutzungssystem untersucht. Das Modell schließt alle in der Untersuchungsregion Bayern bedeutenden stofflichen und energetischen Holzprodukte, inklusive ihrer Vor- und Zwischenprodukte ein, und erfasst anfallendes Industrierestholz und Altholz aus der Aufbereitung der Holzprodukte nach ihrer Nutzung (s. Abb. 5.15).

¹⁷⁴ S. Osterburg et al. (2013a: 120ff).

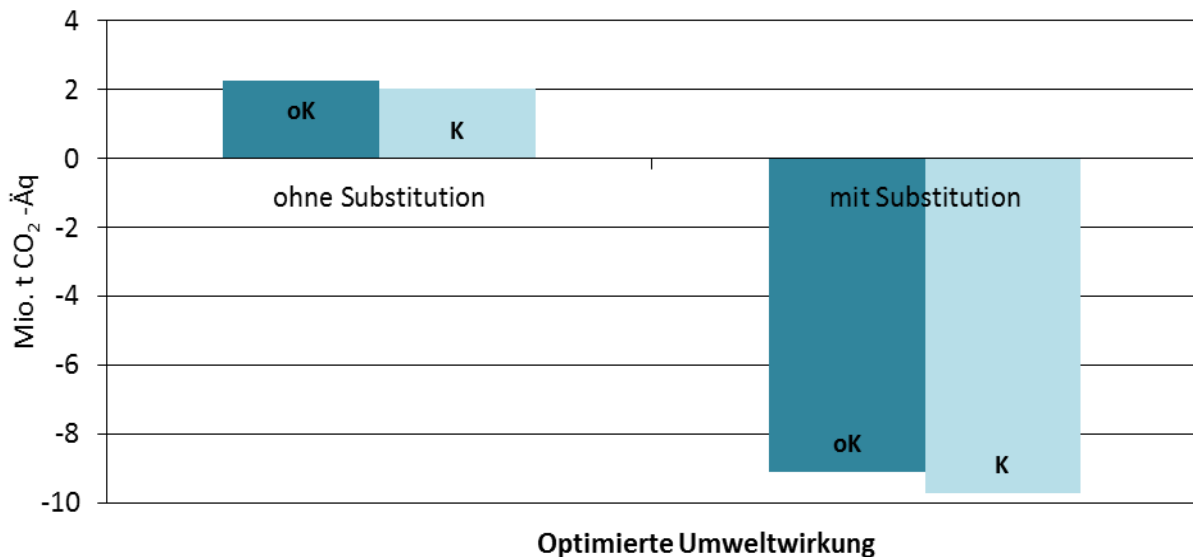
Abbildung 5.15: Stofffluss-Modell zur Untersuchung der Effekte von Kaskadennutzung in einem an Bayern angelehnten Holznutzungssystem. EFH: Einfamilienhaus; IH: Industrieholz



Quelle: Höglmeier et al. (2015).

THG-Minderungspotenzial: Im Fokus der Modellierung stehen dabei weniger die absolute Höhe der Umweltwirkungen des Systems als vielmehr die Unterschiede zwischen den Szenarien ohne Kaskadennutzung (oK) und mit Kaskadennutzung (K), aus denen sich die Auswirkungen der Kaskadennutzung auf die Umweltwirkungen der Holznutzung ableiten lassen. Der Vergleich der beiden durch Höglmeier et al. (2015) berechneten Modellvarianten zeigt, dass Kaskadennutzung in nahezu allen Fällen zu niedrigeren Gesamt-Umweltwirkungen im System führt. Dies kann sowohl bei der Modellierung mit, als auch ohne Berücksichtigung von Substitutionseffekten festgestellt werden. In Szenarien mit Kaskadennutzung können die festgesetzten Mindestmengen der verschiedenen Holzprodukte mit bis zu 10 % weniger Treibhausgasemissionen produziert werden (s. Abb. 5.16). Vor dem Hintergrund, dass in der Modellierung nur ein relativ kleiner Teil des Systems, nämlich die Spanplattenproduktion, direkt durch die Kaskadennutzung beeinflusst wird, die Bezugsgröße für die genannten relativen Werte jedoch die jeweilige Umweltwirkung des Gesamtsystems ist, belegen diese Werte das bestehende Potenzial. Die durch Kaskadennutzung erzielte Reduktion der Treibhausgasemissionen im Studiengebiet Bayern (234.000 t CO₂-Äq/Jahr) entspricht in etwa Jahreswerten der jährlichen Treibhausgasemission von 22.000 Einwohnern in Deutschland (UBA 2013c). Bezogen auf die bayerische Einwohnerzahl im Jahr 2013 entspricht dies einer Reduktion von 0,2 % der bayerischen Emissionen (Höglmeier et al. 2015).

Abbildung 5.16: Treibhauspotenzial der Holznutzung in Bayern ohne und mit Berücksichtigung von Substitutionseffekten. Gruppierete Säulen zeigen den Unterschied zwischen Modellierung mit (K) und ohne (oK) Kaskadennutzung als Teil des Systems



Anm.: Negative Werte bedeuten eine Nettoerduzierung von THG-Emissionen.

Quelle: Höglmeier et al. (2015).

Dauerhaftigkeit bzw. Reversibilität der THG-Minderung: Die vermehrte Kaskadierung von gebrauchtem Holz kann kurzfristig gesteigert werden und führt zu einer Verlängerung der biogenen C-Speicherung in der Technosphäre. Wie bei der Primärproduktion können Substitutionsleistungen mit der Kaskadierung verrechnet werden. Die Klimawirksamkeit ist stark davon abhängig, wie die waldseitig eingesparten Frischholzmengen genutzt werden. Die auch klimawirksamen Effekte der Kaskadenwirtschaft würden ihre Wirkung einbüßen, wenn die zusätzlich zur Verfügung stehenden Frischholzvolumen direkt zur Energieerzeugung genutzt werden. Kaskadennutzung von Gebrauchtholz setzt somit voraus, dass auch die eingesparten Frischholzmengen stofflich eingesetzt werden. Die durch Kaskadennutzung bewirkte temporäre Aufschiebung der energetischen Nutzung der stofflich weiter- oder wiederverwendeten Hölzer führt zu einer Verlängerung der Speicherwirkung, die in der Bewertung in Ökobilanzen bisher nicht methodisch sauber quantifiziert wird.

Synergien und Konflikte mit anderen Zielen: Bei den weiteren technischen Prozessen der Produktherstellung aus kaskadiertem Holz muss im Einzelfall untersucht werden, ob z. B. Transporte vermieden und eventuell Prozessschritte gegenüber der Primärproduktion eingespart werden, z. B. indem das bereits getrocknete Altmaterial während des Aufbereitungsprozesses trocken gehalten wird, um damit Trocknungsenergie zu sparen. Praxisprobleme bei der Umsetzung der Maßnahme können bei einer unzureichenden Sortierung der Gebrauchtholzsortimente in die Altholzklassen A I und A II (geeignet zur stofflichen Wiederverwendung) sowie die Klassen A III und A IV (ausschließlich energetische Verwertung des Altholzes) entstehen. Aufgrund des mit der

Maßnahme verbundenen reduzierten Altholzangebotes für die Energieerzeugung (gegenwärtig 78 %) muss aber bei einer gleichbleibenden Nachfrage entweder andere Biomasse als Brennmaterial in Biomasseheizkraftwerken eingesetzt werden oder es muss die entsprechende Energiemenge stattdessen „wieder“ durch fossile Energieträger erzeugt werden (energetische Substitution von Holz).

Vermeidungskosten in € pro t CO₂-Äq: Die Kosten, die der Maßnahme zuzurechnen sind, werden von der Preissituation auf dem Industrierestholz- und Altholzmarkt, von den Aufwendungen für die Altholzlogistik (Erfassung und Sortierung) und dem Altholzmanagement, hier insbesondere die Schadstoffkontrolle, bestimmt. Es ist abzusehen, dass die Investitionskosten für die Fremdstoffdetektion und -aussortierung im Rahmen der Altholzmanipulation zu Preissteigerungen führen, die von den Unternehmen nur bei einer spürbaren Verknappung von Frisch- und Industrierestholz akzeptiert werden. Technologische Vorteile der Altholznutzung (geringere Trocknungskosten) wirken dem ggfs. entgegen.

Potenzielle Verdrängungs- und Verlagerungseffekte: Das zugrundeliegende Modell zeigt, dass eine Kaskadennutzung in einem bestehenden System zur Einsparung von Rohholz führt und die Ressourceneffizienz verbessert, sodass der von Mantau et al. (2010) prognostizierten Verknappung von Holzressourcen ab 2023 entgegengewirkt werden kann. Da die Modellierung auch die Auswirkungen der Kaskadennutzung auf die Industrierestholz- und Altholzverwendung berücksichtigt hat, lassen sich keine negativen Auswirkungen auf die THG-Emissionen des Gesamtsystems belegen. Die vorliegenden Untersuchungen machen beim Vergleich von Einzelkaskaden deutlich, dass bei einer verstärkten stofflichen Nutzung von Gebrauchtholz in Kaskaden die Gefahr besteht, dass die durch Steigerung der Ressourceneffizienz („Mehr Nutzen aus einer Einheit Holz“) nicht mehr stofflich benötigten (eingesparten) Frischholzmengen für die direkte Energiegewinnung umgeleitet werden. Ein Ausbau der Kaskadennutzung erscheint deshalb nur in Verbindung mit einer Steigerung des gesamten stofflich genutzten Holzanteils und unter Vermeidung von möglichen Rebound-Effekten sinnvoll.

Abbildung in der THG-Berichterstattung: „Eine verstärkte stoffliche Nutzung des Altholzes und die damit verbundene Änderung der THG-Potenziale zeigt sich im Falle einer gleichbleibenden stofflichen Nutzung in der Berichterstattung im Sektor LULUCF anhand der verringerten Nachfrage bzw. Verwendung des Rohstoffes Holz (Rohholzaufkommen, vgl. u. a. Maßnahme 5.4.3). Zugleich bedeutet geringerer Energieverbrauch verringerte Emissionen im Sektor Industrieprozesse, der aber evtl. durch einen erhöhten Einsatz fossiler Energieträger konterkariert wird.“ Osterburg et al. (2013a: 121).

Mögliche Politikmaßnahmen: Aufgrund inzwischen vorliegender Erkenntnisse aus der bisherigen Altholzwirtschaft in Deutschland ist eine Überarbeitung und Novellierung der seit 2002 geltenden Altholzverordnung und des Altholzmanagements nötig, weil Defizite im Vollzug offenkundig sind. Das Prinzip der Zuordnung zu Altholzkategorien bzw. -sortimenten durch Sichtkontrolle und Sortierung ist in der Praxis auch bei gewissenhafter Durchführung nicht zuverlässig umsetzbar. Daher

sind verbesserte statistische Auswertemethoden und verlässliche und reproduzierbare chemische Analysemethoden vorzugeben. In der gegenwärtigen Altholzverordnung aufgenommene Schadstoffe, wie beispielsweise Quecksilber oder PCB haben im heute anfallenden Altholz keine Bedeutung mehr und müssten somit zukünftig nicht detektiert und nachgewiesen werden. Eine breitere Anwendung der Kaskadennutzung scheitert in Europa bisher an fehlenden Anreizen und massiven Widerständen gegenüber der politischen Implementierung der Kaskadennutzung durch Interessenvertreter der Bioenergie. Um Anreize setzen zu können, müssen die Wirkungen einer stofflich ausgerichteten Stoffstromführung in Modell- und Demonstrationsvorhaben, Pilotprojekten, Gutachten und Studien aufgezeigt werden. Auch methodische Weiterentwicklungen sind nötig, weil sich der bisher meist angewendete Ansatz der Systemraumerweiterung bei der ökobilanziellen Bewertung von Einzelkaskaden als unzureichend herausstellt, um Effekte einer Kaskadennutzung auf die Ressourceneffizienz und Umweltkategorien abzubilden. Ein wesentlicher Hinderungsgrund für eine breitere Förderung der Kaskadennutzung von Holz in Europa ist das Fehlen einer einheitlichen, europäischen Altholzverordnung. In vielen europäischen Staaten landet Altholz auf der Deponie, sodass nutzbare Mengen für die stoffliche und energetische Altholznutzung verloren gehen. Daher sollten europäisch einheitliche Regelungen eingeführt werden.

Ergänzend müssen sich die Technologien der Holzverarbeitung auf eine stoffliche Weiternutzung der Holzressourcen einstellen, um zukünftig neben Span- oder Faserplatten auch Vollholzprodukte mit noch besseren THG-Effekten aus recyceltem Holz herstellen zu können. Dafür müssen Design-Regeln bei Bauprodukten und -konstruktionen wie auch bei Möbeln für einen späteren Rückbau ausgelegt werden. Informations- und Sensortechnologien müssen gefördert und an die Bedürfnisse der Materialwirtschaft angepasst werden, um zukünftig Informationen über die im Produktleben stattfindenden Veränderungen durch RFID-Technologie zu dokumentieren und beim Rückbau verfügbar zu machen.

Bewertung: Die Auswirkungen einer Kaskadennutzung von Holz bzw. nachwachsenden Rohstoffen auf die Umweltwirkungen des mit dem kaskadierten Material gefertigten Produktes gestalten sich rohstoffbedingt anders als bei der Kaskadennutzung bzw. einem Recyclingprozess bei metallischen, mineralischen oder erdölbasierten Produkten. Bei Holz wird durch das Kaskadieren das ökologisch effizient, über Sonnenenergie hergestellte Naturmaterial erhalten, sodass der an Umweltkategorien bewertete Vorteil einer Kaskadierung nicht im gleichen Masse durchschlägt wie bei metallischen, mineralischen oder erdölbasierten Materialien, die bei der Primärerzeugung durch energieaufwendige Herstellprozesse und meist aus begrenzt verfügbaren oder aufwendig zu gewinnenden Ressourcen produziert werden. Dagegen steht bei einer Kaskadennutzung von Holz neben der zeitlichen Verlängerung der C-Speicherung die Steigerung der Materialeffizienz im Fokus. Für die transparente Darstellung und Kommunikation dieser Effekte sind methodische Weiterentwicklungen nötig, um z. B. die Einsparung von Flächenverbrauch, der kein Verbrauchsgut im klassischen Sinn ist, im Kontext der Umweltwirkungskategorien einordnen zu können.

Das Potenzial der Kaskadennutzung im Rahmen der Klimawirkung kann, vergleichbar mit den Maßnahmen der Forstwirtschaft, erst mittel- bis langfristig ausgeschöpft werden. Die Qualität

der aktuell aus der Nutzung ausscheidenden Holzvolumina in Bezug auf Dimensionen und Störstoffanteile erlaubt mit Ausnahme der Verwertung in Spanplatten noch keine effiziente stoffliche Folgenutzung der Holzsubstanzen. Es ist aber davon auszugehen, dass die modernen Holzbau- und Holzschutztechnologien und der steigende Holzverbrauch im Bauwesen mittelfristig zu einem erhöhten und qualitativ breiter recycelbaren Sekundärholzanfall führen werden. Darauf muss sich die Holzverwertungskette schon heute einstellen. Kurzfristig muss vermieden werden, dass die mit dieser Maßnahme verbundenen Risiken (Schadstoffverfrachtungen in Kaskadenprodukte) den positiven Beitrag zur Reduktion der THG-Emissionen im Sektor Forstwirtschaft und Holzverwendung konterkarieren oder sogar ins Gegenteil kehren. Auch die direkte Energieerzeugung aus anderer Biomasse anstelle des bisher energetisch verwerteten Altholzes sollte vermieden werden.

6 Empfehlungen zur Klimaschutzpolitik

Um das Ziel der Klimarahmenkonvention zu erreichen, den Anstieg der globalen Erwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf 2 °C zu begrenzen, ist es gemäß IPCC erforderlich, dass die globalen Treibhausgasemissionen in allen Sektoren bis zum Jahr 2050 um 40 bis 70 % gegenüber dem Jahr 2010 reduziert werden und die Emissionen 2100 nahe null bzw. darunter (d. h., dass mehr Kohlenstoff festgelegt als freigesetzt wird) liegen. Auf der Weltklimakonferenz in Paris im Dezember 2015 wurde diese 2-Grad-Obergrenze erstmals in einem völkerrechtlichen Abkommen verankert. Darüber hinaus verpflichteten sich die Vertragsstaaten zu weiter reichenden Anstrengungen, um den Temperaturanstieg möglichst auf 1,5 °C zu begrenzen.

Dass die Auswirkungen der Treibhausgase unabhängig davon sind, an welchem Ort der Welt oder in welchem Sektor sie emittiert werden, ermöglicht es prinzipiell, Klimaschutzanstrengungen dort zu fokussieren, wo dadurch möglichst geringe Kosten entstehen. Gleichzeitig kann ein einzelner Staat oder auch ein einzelner Wirtschaftssektor von den eigenen Treibhausgasreduzierungen bzw. Kohlenstofffestlegungen nur begrenzt profitieren. Dies stellt einen Anreiz dar, sich als „Trittbrettfahrer“ zu verhalten, also eigene Klimaschutzanstrengungen zu unterlassen, aber von denen anderer Staaten oder auch Sektoren zu profitieren.

Der WBAE und der WBW gehen im vorliegenden Gutachten davon aus, dass Deutschland entsprechend seiner proklamierten Ziele und eingegangenen Klimaschutzverpflichtungen das Potenzial für den Klimaschutz in allen Sektoren nutzen und eine Vorbildfunktion einnehmen sollte. Demnach werden auch der Landwirtschafts-, der Ernährungs-, der Forst- und der Holzsektor einen deutlichen Beitrag zur THG-Emissionsreduktion und zur Kohlenstofffestlegung in Deutschland leisten müssen. Zudem sind die Konsumenten von Agrar- und Forstprodukten gefordert, durch ihr Konsumverhalten einen Beitrag zur THG-Minderung zu erbringen. Aus Gerechtigkeitsgründen sind Akteure (etwa Einzelstaaten, aber auch Produzenten und Konsumenten), die mit ihren Treibhausgasemissionen den heutigen und zukünftigen Generationen schaden, unter bestimmten Bedingungen moralisch zu Emissionsreduzierungen verpflichtet. Gründe für solche moralischen Pflichten liegen vor, wenn ein Akteur in relevantem Maß Treibhausgasemissionen verursacht (Verursacherprinzip), er von Treibhausgasemissionen profitiert (Nutznießerprinzip) und/oder er in der Lage ist, Treibhausgasemissionen in relevantem Ausmaß zu reduzieren (Fähigkeitenprinzip) (vgl. Kapitel 3.3).

Für den Landwirtschafts- und Ernährungssektor in Deutschland treffen diese drei Gründe zu. Im Unterschied zum Landwirtschafts- und Ernährungssektor ist der Forstsektor netto kein Verursacher von Treibhausgasemissionen. Allerdings ist er innerhalb gewisser Grenzen in der Lage, stärker als bisher Kohlenstoff zu sequestrieren (Fähigkeitenprinzip). Diese Fähigkeit hängt aber wesentlich davon ab, wie gut es gelingt, die Wälder an den Klimawandel anzupassen.

Der WBAE und der WBW befürworten daher im Grundsatz ambitionierte globale, aber auch EU- und bundesweite Emissionsziele. Zwischen Klimaschutz und anderen gesellschaftlichen Zielen

bestehen allerdings sowohl Synergien als auch Konflikte (s. Kap. 5). Die für die Entwicklung einer Klimaschutzstrategie notwendige Zielabwägung muss in einem gesellschaftlichen Aushandlungsprozess geschehen und kann nicht als Teil dieses Gutachtens vorweggenommen werden. Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, seine THG-Emissionen bis 2050 im Vergleich zu 1990 um 80 bis 95 % zu reduzieren (s. a. Tab. 3.1). Demnach dürfen in Deutschland 2050 nur noch zwischen rund 62 und 250 Mio. t CO₂-Äq emittiert werden. Wie hoch die Emissionen der Landwirtschaft einschließlich der landwirtschaftlichen Landnutzung sein dürfen, um dieses Ziel zu erreichen, hängt davon ab, ob die gesamten Emissionen um 80 %, um 95 % oder um einen anderen Prozentsatz reduziert werden sollen. Darüber hinaus ist bedeutsam, wie hoch die Emissionsreduzierung in den übrigen Sektoren sein wird (s. Abb. 6.1).

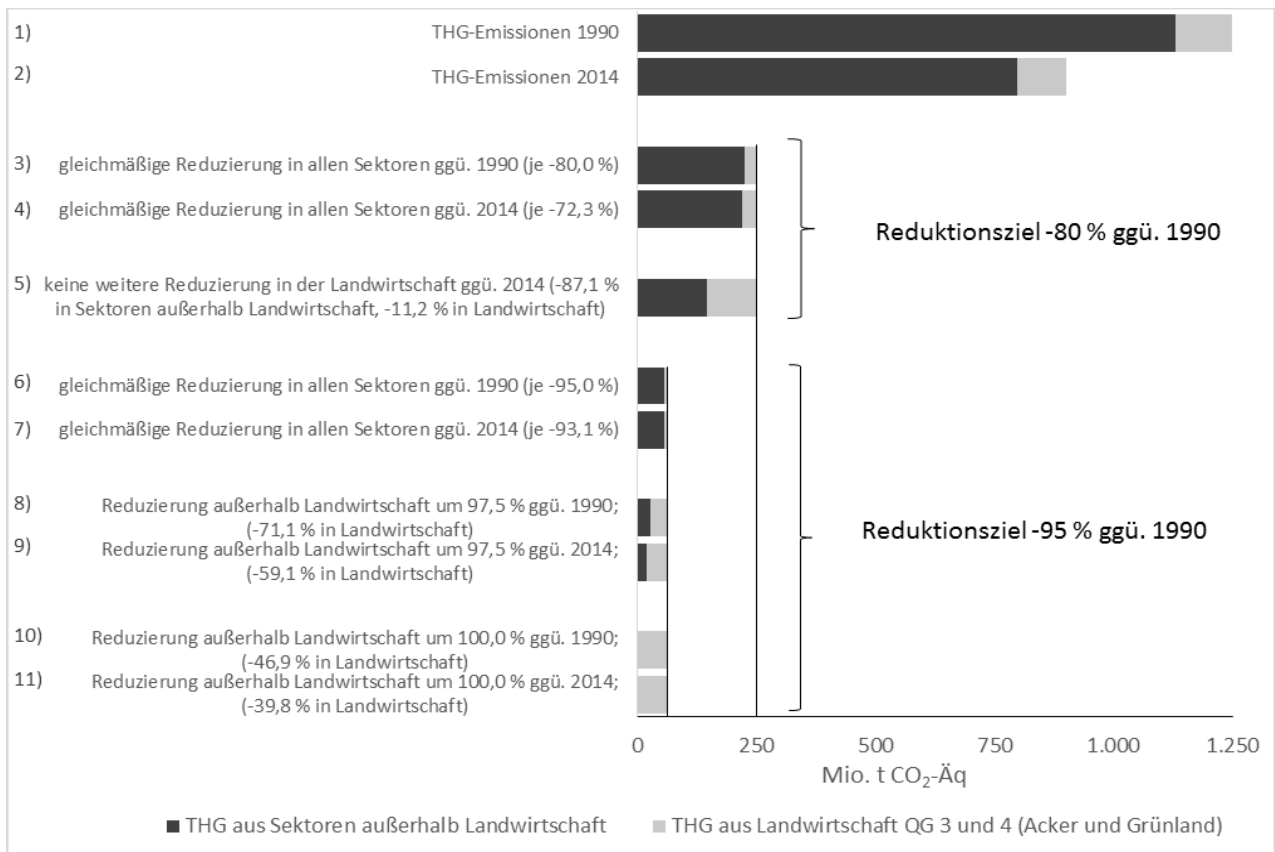
Geht man von dem Ziel „-95 % gegenüber 1990“, d. h. einer Begrenzung der gesamten Emissionen Deutschlands auf 62 Mio. t CO₂-Äq im Jahr 2050 aus, so müsste die Landwirtschaft (einschließlich der CO₂-Emissionen aus Acker- und Grünlandflächen)¹⁷⁵ ihre Emissionen im Vergleich zu 2014 (104 Mio. t CO₂-Äq) um 40 % reduzieren, wenn alle anderen Sektoren (Quellgruppen) überhaupt nichts mehr emittieren würden (s. Zeile 11 in Abb. 6.1). Null-Emissionen in anderen Sektoren sind jedoch unrealistisch. Wenn die Emissionen außerhalb der Landwirtschaft statt um 100 % um z. B. 97,5 % gegenüber 2014 reduziert würden (was im Vergleich zum -95 %-Ziel immer noch überproportional wäre), müsste für die Landwirtschaft eine Reduktion von 59 % erreicht werden (s. Zeile 9 in Abb. 6.1).¹⁷⁶

Geht man von dem Ziel „-80 % gegenüber 1990“ aus, so kann dieses Ziel dadurch erreicht werden, dass alle Sektoren ihre Emissionen um 80 % gegenüber 1990 reduzieren (s. Zeile 3 in Abb. 6.1). Im Vergleich zu 2014 müssten die Emissionen der Landwirtschaft dann um 77 % reduziert werden. Nur dann, wenn in den übrigen Quellgruppen eine Reduzierung gegenüber 2014 von 82 % erreicht würde, könnten die landwirtschaftlichen Emissionen auf dem Niveau von 2014 bleiben, ohne dass das Gesamtreduktionsziel verfehlt würde. Allerdings würde dies für die übrigen Quellgruppen im Vergleich zu 1990 eine Reduktion um 87 % bedeuten (für die Landwirtschaft dagegen gegenüber 1990 nur um 11 %, s. Zeile 4 in Abb. 6.1).

¹⁷⁵ Nach den Systemgrenzen der Quellgruppen 3 und 4 B und 4 C der THG-Berichterstattung.

¹⁷⁶ Dies entspricht der Größenordnung, die in der Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland“ des UBA (2013a) angenommen wird.

Abbildung 6.1 THG-Emissionen in Deutschland 1990 und 2014 für die Landwirtschaft und die übrigen Sektoren sowie ausgewählte Kombinationen zur Erreichung der Reduktionsziele 2050



Anm.: Landwirtschaft nach den Systemgrenzen der Quellgruppen (QG) 3 (Landwirtschaft) und 4 B (Landnutzung Ackerland) und 4 C (Landnutzung Grünland) der THG-Berichterstattung. Die Prozentangaben stellen die erforderlichen Reduktionen ggü. 1990 bzw. 2014 dar.

Quelle: Eigene Darstellung.

Gleichzeitig gilt, dass in dem Maße, in dem die in der THG-Berichterstattung erfasste Kohlenstofffestlegung gesteigert werden könnte, z. B. durch Aufforstung, der Anteil der Emissionen aus der Landwirtschaft oder anderen Quellgruppen weniger stark reduziert werden müsste, ohne das Gesamtreduktionsziel zu gefährden. Da sich Emissionen aus industriellen chemischen Prozessen (Quellgruppe 2) und aus der Landwirtschaft nicht vollständig vermeiden lassen, kommt der Kohlenstofffestlegung im Landnutzungs-, Forst- und Holzsektor bei einer angestrebten Emissionsreduzierung um 95 % eine wichtige Rolle zu.

Vor diesem Hintergrund sprechen der WBAE und der WBW im Folgenden Empfehlungen für den Zeitraum bis 2050 aus. Diese zielen darauf ab, THG-Emissionen in der Landwirtschaft und die mit dem Konsum von Lebensmitteln zusammenhängenden THG-Emissionen zu reduzieren sowie die Kohlenstofffestlegung in Ökosystemen und die Substitution fossiler Energien und energieintensiver Materialien zu erhöhen. Aufgrund bestehender Unsicherheiten, zu erwartender technischer

Fortschritte, zunehmenden Erkenntnisgewinns und der einsetzenden Wirkung durchgeführter Klimaschutzmaßnahmen, sollten überprüfbar formulierte klimaschutzpolitische Ziele und Umsetzungsschritte alle fünf bis sieben Jahre kritisch überprüft und gegebenenfalls nachjustiert werden.

Im Folgenden werden zuerst generelle Empfehlungen zur Klimaschutzpolitik ausgesprochen (Kap. 6.1). Anschließend werden in Kap. 6.2 die Maßnahmenpakete „Moderater Klimaschutz“ und „Ambitionierter Klimaschutz“, die sich in ihrem Klimaschutzniveau unterscheiden, dargestellt. Diese fokussieren auf Emissionsreduktionen und Kohlenstofffestlegungen in der Land-, Ernährungs-, Forstwirtschaft und Holzverwendung sowie im Konsum von Lebensmitteln. Schließlich werden die in diesen Maßnahmenpaketen genannten Maßnahmen und ihre jeweilige Instrumentierung detaillierter beschrieben. Dabei werden die Bereiche Landwirtschaft (Kap. 6.3), Konsum von Lebensmitteln (6.4) und Forstwirtschaft und Holzverwendung (6.5) unterschieden. Bei allen Empfehlungen wird nach der Umsetzungsebene (Bund, Länder, EU, Wirtschaft, Verbraucher) und dem Zeithorizont (Umsetzung, Wirksamwerden des Klimaschutzeffektes) unterschieden.

6.1 Übergeordnete, generelle Empfehlungen

6.1.1 Anstrengungen für eine globale Klimaschutzstrategie verstärken (Adressat: Bund, EU)

Klimaschutz stellt eine globale Herausforderung dar und erfordert langfristig den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft.¹⁷⁷ Diese Herausforderung kann umso eher gemeistert werden, je mehr Staaten sich hierfür ernsthaft einsetzen und Klimaschutzmaßnahmen umsetzen. Das (noch zu ratifizierende) Klimaabkommen von Paris von Dezember 2015 stellt einen bedeutenden Zwischenschritt dar. Wichtig ist, dass alle Vertragsstaaten ihre nationalen Klimaschutzbeiträge (NDC) tatsächlich erbringen und ihre jeweiligen Beiträge im Zeitablauf erhöhen, da die globale Erwärmung ansonsten nicht auf 2° C begrenzt werden kann. Schon 2007 betonte der WBA: „Wenn es nicht gelingt, einen weltweiten Schulterschluss in der Klimapolitik zu organisieren und effektiv umzusetzen, werden sich die hochgesteckten Klimaschutzziele nicht erreichen lassen.“ (WBA 2007: 218). Der WBAE und der WBW empfehlen deshalb der Bundesregierung dringend, wesentlich mehr Ressourcen in die Entwicklung und Durchsetzung einer globalen Klimaschutzstrategie zu investieren und – im Sinne einer Vorbildfunktion Deutschlands – gleichzeitig ambitionierte nationale und europäische Klimaschutzziele zu verwirklichen. Durch eine ambitionierte Umsetzung von Klimaschutzziele kann Deutschland das Vertrauen anderer Länder in die internationalen Prozesse stärken und dazu beitragen, andere Länder zu ähnlichen Schritten zu bewegen.

¹⁷⁷ Es sei denn, die Abscheidung von CO₂ aus der Verbrennung fossiler Energieträger und die anschließende Speicherung im Untergrund (*carbon capture and storage* – CCS) entwickelt sich im Zeitablauf zu einer sinnvollen Alternative.

6.1.2 Bepreisung von THG-Emissionen als anreizorientiertes Instrument nutzen (Adressat: Bund, EU)

Für die Klimaschutzpolitik empfehlen die Beiräte der Bundesregierung, sich auf EU-Ebene dafür einzusetzen, Preise für THG-Emissionen konsequent als anreizorientiertes Instrument der Klimaschutzpolitik zu nutzen und damit THG-Emissionen zu verteuern (WBWT 2012).

- Für Großemittenten halten die Beiräte das Emissionshandelssystem (ETS) für ein sinnvolles Instrument, um eine vorgegebene Höchstmenge an Emissionen zu den geringstmöglichen Kosten einzuhalten. Allerdings ist die Zertifikatsmenge derzeit deutlich zu hoch und der Zertifikatspreis folglich deutlich zu niedrig; die derzeitige Ausgestaltung des ETS in der EU sollte verbessert werden.¹⁷⁸ Der WBAE und der WBW begrüßen es, dass die bei der Düngemittelherstellung auftretenden N₂O-Emissionen seit 2013 in das ETS einbezogen sind. Eine Volleinbeziehung der Land- und der Forstwirtschaft in den EU-Emissionshandel auf Basis eines *Cap-and-Trade*-Modells ist aus Sicht der Beiräte aufgrund der damit verbundenen prohibitiv hohen Transaktionskosten allerdings keine umsetzbare Politikoption (s. Kap. 4.1).
- Weltweit stammt mehr als die Hälfte der THG-Emissionen aus fossilen Energieträgern. Der WBAE und der WBW empfehlen der Bundesregierung, sich auf EU- und internationaler Ebene für eine an den THG-Emissionen orientierte Besteuerung des Verbrauchs fossiler Energieträger¹⁷⁹ und eine europäische Harmonisierung der Steuersätze einzusetzen. Hierbei sollte auch der internationale Transport (Schiffsdiesel, Flugbenzin) einbezogen werden. Bei einer Internationalisierung der Klimakosten würden die Energiepreise Landwirten, Unternehmern der Ernährungswirtschaft und Konsumenten von Lebensmitteln die „richtigen“ Signale für ihre Produktions- und Konsumentscheidungen senden.¹⁸⁰

6.1.3 Sektorübergreifende THG-Minderungsziele nicht zu kleinteilig unterbrechen (Adressat: Bund, EU)

Der WBAE und der WBW halten es für sinnvoll und richtig, dass nicht nur globale Ziele verhandelt werden, sondern dass sich Deutschland und auch die EU sektorübergreifende THG-Minderungsziele setzen. Sie warnen jedoch davor, diese durch kleinteilige, z. B. sektorspezifische,

¹⁷⁸ Dies ist nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens.

¹⁷⁹ Eine Doppelbelastung von in das ETS einbezogenen Emittenten ist zu vermeiden.

¹⁸⁰ Eine Vertuierung fossiler Energien würde die Umsetzung einer Vielzahl der in Kapitel 5 dargestellten Maßnahmen direkt befördern, insb. 5.2.6.2 Festbrennstoffe aus landwirtschaftlicher Produktion, 5.2.9 Verbesserung der Energieeffizienz, 5.2.4 Verbesserung der N-Effizienz, 5.3.6 Reduktion von Emissionen bei der Einkaufsfahrt, 5.3.7 Verzicht auf Flugware, 5.3.8 Konsum regionaler Produkte, 5.3.9 Konsum saisonaler Produkte, 5.3.10 Konsum frisch zubereiteter Produkte, 5.5.2 Steigerung der Effizienz beim Holzrohstoff- und Energieeinsatz in der Holzindustrie. Indirekt würde die Vertuierung fossiler Energien alle Maßnahme befördern, die zu einer Substitution fossiler Energieträger oder energieintensiv hergestellter Materialien beitragen.

quantifizierte Minderungsziele – z. B. für die Landwirtschaft – zu untersetzen, solange diese sich nicht an den (unterschiedlichen) Kosten der THG-Vermeidung orientieren (zur Diskussion der Einbeziehung des LULUCF-Bereichs in die nationale und EU-Klimapolitik s. Kap. 6.1.6 und Kap. 3.1). Wenn Klimaschutzmaßnahmen andere gesellschaftliche Ziele positiv beeinflussen (Bsp. Verbesserung der N-Effizienz), so dürfen die Kosten der Maßnahme nicht alleine dem Klimaschutz angerechnet werden bzw. sind die positiven Beiträge zu anderen Zielen neben den Emissionsvermeidungskosten bei einem Maßnahmenvergleich mit zu berücksichtigen.

6.1.4 Klimaschutzpolitik sektorübergreifend kohärent gestalten (Adressat: Bund, EU, Länder)

Die Beiräte plädieren dafür, stärker als bisher auf die Kohärenz der gesamten Klimaschutzpolitik zu achten. So ist bei Klimaschutzmaßnahmen außerhalb des ETS zu berücksichtigen, wie diese im Zusammenspiel mit dem ETS insgesamt wirken. Beispielsweise führt eine Ausdehnung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien zwar zu einem Rückgang von Emissionen aus der fossilen Stromproduktion. Wenn aber die Zertifikatsmenge nicht entsprechend gekürzt wird, werden die Emissionen in andere Sektoren verlagert und der zusätzlich erzielte Klimaschutzeffekt ist insgesamt gleich Null. Entsprechend klein fällt die Lenkungswirkung der Preise für Emissionszertifikate auf Strukturanpassungen und Technologieentwicklungen aus.

Klimaschutzmaßnahmen in einem Land können über den Preismechanismus vermittelte Angebots- oder Nachfrageeffekte in einem anderen Land haben und dadurch die globalen THG-Emissionen spürbar beeinflussen. Gerade in der Landwirtschaft, die mit Nahrungsmitteln Produkte erzeugt, die jeder Mensch existenziell zum Leben benötigt und deren Konsum daher nur begrenzt reduziert werden kann, können diese indirekten Effekte beträchtlich sein und müssen daher berücksichtigt werden. Zur Quantifizierung dieser indirekten Effekte und Wirkungszusammenhänge ist weitere Forschung nötig.

6.1.5 Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft als langfristigen Lern- und Anpassungsprozess auffassen (Adressat: Bund, EU, Länder, Wirtschaft)

Die Transformation zu einer kohlenstoffarmen¹⁸¹ Wirtschaft stellt eine gewaltige Herausforderung für die nächsten Jahrzehnte dar. Sie sollte als langfristiger Lern- und Anpassungsprozess aufgefasst werden. Forschung sowie Information, Beratung und Ausbildung kommen aufgrund der

¹⁸¹ Bei dem in der politischen Diskussion gebräuchlichen Begriff „kohlenstoffarme Wirtschaft“ bedeutet „kohlenstoffarm“ „arm an Kohlenstoff aus fossilen Energieträgern“.

Langfristigkeit der Transformation und den damit verbundenen Unsicherheiten im Bereich der Produktion und des klimaschonenden Konsums, aber auch für die Gestaltung einer effizienten Klimaschutzpolitik eine wichtige Bedeutung zu. Klimaschutzpolitische Zwischenziele und Maßnahmen sollten daher regelmäßig kritisch überprüft und falls erforderlich nachjustiert werden. Dies ist auch deshalb notwendig, weil sich die CO₂-Vermeidungskosten einiger Klimaschutzmaßnahmen im Zeitablauf stark ändern werden.¹⁸² Die Beiräte begrüßen es in diesem Zusammenhang, dass das Paris-Abkommen mehrere fünfjährige Verpflichtungszeiträume vorsieht, für die jeweils in vorausgehenden sog. Nachschärfungsrunden die Klimaziele angepasst werden sollen.

6.1.6 Quellgruppe LULUCF in die nationale und die EU-Klimapolitik nach 2020 verstärkt einbeziehen (Adressat: Bund, EU)

Der WBAE und der WBW sprechen sich dafür aus, die Quellgruppe LULUCF stärker in die nationale und die EU-Klimapolitik nach 2020 einzubeziehen, um kontraproduktive Anreize für eine Übernutzung von Ressourcen zu vermeiden (s. Kap. 3.1). Deutschland sollte sich in der EU für die Etablierung einer langfristig sinnvollen klimaschutzpolitischen Architektur einsetzen, die auch international als Beispiel dienen kann. Durch die stärkere Einbeziehung sollten Anreize für zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen im Landnutzungs- und Waldsektor gesetzt und Fehlanreize vermieden werden, die aufgrund unterschiedlicher Anrechnung von Emissionen und Kohlenstofffestlegungen entstehen. Bei unterschiedlicher Anrechnung würden Gutschriften bevorzugt in Sektoren generiert, die sich auf die Klimaschutzziele anrechnen lassen. Emissionen würden besonders dann zugelassen, wenn sie nicht angerechnet werden müssen. Zum Beispiel wird die Emissionsvermeidung durch Bioenergienutzung auf die aktuellen EU-Klimaziele angerechnet, deren Folgen für die Landnutzung in der EU aber nicht.

Voraussetzung für eine stärkere Einbeziehung ist die Anrechnung von Gut- und Lastschriften des LULUCF-Bereichs auf die EU-Klimaschutzziele und eine Möglichkeit, Gut- und Lastschriften mit den Beiträgen anderer Sektoren zu verrechnen. Die Einbeziehung sollte sich auf alle Teilbereiche des LULUCF-Sektors erstrecken, damit künftig alle relevanten Landnutzungen einschließlich der Waldbewirtschaftung und des Holzproduktespeichers einer klimapolitischen Bewertung unterliegen.

Den Besonderheiten des LULUCF-Bereichs (Quellen- und Senkenfunktion, Nicht-Dauerhaftigkeit von Kohlenstofffestlegungen, Einfluss natürlicher Störungen wie Waldbrände, Problem der Abgrenzung anthropogener Einflüsse) sollte durch die Anwendung besonderer Anrechnungsregeln Rechnung getragen werden. Eine Abgrenzung des LULUCF-Sektors in einer separaten klimapoliti-

¹⁸² Die THG-Reduzierung durch energiesparende Maßnahmen ist umso höher, je höher der Anteil fossiler Energie im Referenzenergiemix ist. Steigt im Zeitablauf der Anteil erneuerbarer Energien im Referenzenergiemix, so werden durch eine energiesparende Maßnahme weniger THG-Emissionen reduziert und die Vermeidungskosten steigen.

schen Säule wäre nur dann eine Verbesserung gegenüber dem Status quo, wenn ein eigenständiges THG-Minderungsziel für diesen Sektor festgelegt würde. Die politische Festlegung eines anspruchsvollen, verbindlichen Ziels ist angesichts der geringen Flexibilität für die Zielerreichung (keine Verrechenbarkeit von Gut- und Lastschriften mit anderen Sektoren) eher unwahrscheinlich. Eine separate LULUCF-Säule ist daher wegen der Gefahr, dass dann keine ausreichenden Anreize für Klimaschutzleistungen in diesem Bereich entstehen, abzulehnen. Für die 2. Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls von 2013 bis 2020 wurden bereits geeignete Regeln für die Anrechnung der Klimaschutzwirkungen im LULUCF-Bereich entwickelt. Die Erfahrungen bei der Umsetzung bis 2020 sollten genutzt werden, das System der Be- und Anrechnung zu überprüfen und ggf. weiter zu verbessern.

Die Einbeziehung des LULUCF-Bereichs bedeutet für das EU-Klimaschutzziel bis 2030, dass künftig auch die Klimaschutzpotenziale dieses Bereichs für die Zielanrechnung genutzt werden können. Daher sollte dessen Einbeziehung mit einer Erhöhung der Reduktionsziele in anderen Sektoren verknüpft werden. Relevante Klimaschutzbeiträge sind v. a. in der Forstwirtschaft und hier insbesondere durch einen Wechsel auf wachststärkere Nadelbäume möglich, in der Landwirtschaft v. a. durch Grünlanderhaltung und Schutz von Moorböden¹⁸³. Aufgrund des langsamen Aufbaus der Kohlenstoffvorräte spielen auch bereits seit 1990 etablierte Aufforstungsflächen eine wichtige Rolle. Die daraus entstehenden Gutschriften sollten anerkannt, aber auch bei der Anpassung des EU-Ziels berücksichtigt werden.

6.2 Maßnahmenpakete im Bereich Land- und Forstwirtschaft sowie Holzverwendung und beim Konsum von Lebensmitteln

6.2.1 Vorbemerkungen

Eine Vielzahl von einzelnen Maßnahmen kann zum Klimaschutz beitragen, und diese Maßnahmen können unterschiedlich dosiert werden. Im Folgenden werden zwei Maßnahmenpakete dargestellt, die sich im angestrebten Klimaschutzniveau unterscheiden: „moderater Klimaschutz“ und „ambitionierter Klimaschutz“. Die Maßnahmenpakete unterscheiden sich weniger in der Art der Maßnahmen als vielmehr im Umfang ihrer Umsetzung¹⁸⁴. Aufgeführt sind jeweils nur die wichtigsten Maßnahmen. Die Empfehlungen in den Kap. 6.4 bis 6.6 enthalten auch weitere, vom Minderungspotenzial her weniger gewichtige Maßnahmen.

¹⁸³ Welche Sequestrierungspotenziale die landwirtschaftlich genutzte Mineralböden durch spezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen haben, sollte verstärkt beforscht werden.

¹⁸⁴ Bedeutsam hierbei ist, dass bei vielen Maßnahmen mit zunehmender Umsetzung die THG-Vermeidungskosten steigen.

Bevor auf die Maßnahmenpakete eingegangen wird, sei auf folgende methodische Aspekte hingewiesen:

- a) Nicht für alle Maßnahmen sind die Klimaschutzwirkungen berichtsfähig im Sinne der nationalen Treibhausgasberichterstattung. Daher lässt sich das mit den Maßnahmenpaketen angestrebte Klimaschutzziel nicht exakt als Minderung in der Systematik der THG-Berichterstattung quantifizieren. Zudem wirken einzelne Maßnahmen auf die Quellgruppe 1 „Energie“ und nicht auf die Quellgruppen 3 „Landwirtschaft“ und 4 „LULUCF“. Außerdem werden in der THG-Berichterstattung Emissionen nach dem Territorialprinzip in dem Staat verbucht, in dem sie emittiert wurden. Für die beim Konsum von Lebensmitteln ansetzenden Maßnahmen hängt die Berichtsfähigkeit der produktionsbedingten Emissionen daher davon ab, ob es sich um inländisch erzeugte oder um importierte Produkte handelt.
- b) Die kalkulierten Minderungspotenziale beruhen auf den heutigen Rahmenbedingungen. Je stärker die Wirtschaft „dekarbonisiert“ wird (also je weniger sie auf fossiler Energie beruht), desto stärker reduzieren sich diese Minderungspotenziale und desto stärker steigen die kalkulierten Vermeidungskosten.
- c) Die Maßnahmen unterscheiden sich z. T. deutlich hinsichtlich des Zeitbedarfs, den ihre Umsetzung erfordert.¹⁸⁵
- d) Die Maßnahmen unterscheiden sich auch im Hinblick auf die Dauer, bis nach ihrer Umsetzung die Klimaschutzeffekte eintreten. Bei vielen Maßnahmen tritt diese Wirkung sofort ein (z. B., wenn der Einsatz fossiler Energien reduziert wird). Bei anderen, wie der Wiedervernässung von Mooren, dauert dies oftmals 20 Jahre und bei forstlichen Maßnahmen, wie der Veränderung der Baumartenzusammensetzung, auch noch bedeutend länger.¹⁸⁶
- e) Zwischen einigen der Maßnahmen bestehen positive wie negative Zusammenhänge, die es zu beachten gilt, so etwa zwischen dem „Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE“ und der „Erhaltung von Dauergrünland“. Je stärker der Konsum von Rind-, Schaffleisch und Milch(produkten) reduziert wird, desto weniger Grundfutter wird für Rinder und Schafe benötigt, wenn die Futtermittelration nicht umgestellt wird. Bei sinkender Nachfrage nach diesen Produkten ist es für den Grünlanderhalt daher notwendig, dass die Rinderhaltung stärker grünlandbasiert erfolgt oder Nutzungsalternativen für das Grünland entwickelt werden, z. B. als nachwachsender Rohstoff oder als Futter für andere Tierarten.

¹⁸⁵ Beispielsweise lässt sich die N-Effizienz der Düngung nahezu sofort verbessern, indem die Düngegesetzgebung verschärft und durchgesetzt wird. Die Wiedervernässung von Mooren ist dagegen eine Maßnahme, die an Standorten mit niedrigen THG-Vermeidungskosten zwar sofort projektiert und begonnen werden sollte, aber einen langen zeitlichen Vorlauf braucht und in nennenswertem Umfang vermutlich erst in 20 bis 30 Jahren realisiert sein dürfte. Maßnahmen im Waldbereich wie z. B. die Änderung der Baumartenzusammensetzung können zwar ebenfalls sofort begonnen, aber nur sehr langfristig umgesetzt werden, da dies in jedem Jahr nur auf einem kleinen Teil der Gesamtfläche vollzogen werden kann.

¹⁸⁶ Der Klimaeffekt einer veränderten Baumartenzusammensetzung tritt zu einem großen Teil erst mit der Holzverwendung (Substitutionspotenzial) auf; er beruht weniger auf der Kohlenstofffestlegung im Waldspeicher.

- f) Wenn sich die produktspezifischen Emissionsfaktoren aufgrund der Umsetzung landwirtschaftlicher Klimaschutzmaßnahmen oder technischen Fortschritts etc. verringern, vermindern sich die Reduktionspotenziale der am Lebensmittelkonsum ansetzenden Maßnahmen. Die auf den heutigen Emissionsfaktoren beruhenden Minderungspotenziale der Maßnahmen „Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE“ und „Reduzierung von Lebensmittelabfällen“ sind dann überschätzt.

Die quantitativ größten Minderungspotenziale liegen in absteigender Reihenfolge in folgenden Bereichen:

- Veränderung der Baumartenzusammensetzung in der forstlichen Produktion (Erhöhung des Nadelbaumanteils) (langfristig¹⁸⁷ wirksam werdend),
- Schutz von Mooren unter derzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung (langfristig wirksam werdend),
- Reduzierung des Konsums tierischer Produkte (mittelfristig wirksam werdend),
- Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. aus Kurzumtriebsplantagen, KUP) (mittelfristig wirksam werdend),
- Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten (langfristig wirksam werdend) und
- Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (kurzfristig wirksam werdend).

Die Nutzung landwirtschaftlicher Fläche zur Produktion von Lignocellulose (z. B. KUP) steht in Konkurrenz zur Aufforstung landwirtschaftlicher Flächen. Insbesondere aufgrund der höheren Produktivität und der sich schneller entfaltenden Klimaschutzeffekte ist die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für KUP/Miscanthus einer Aufforstung vorzuziehen. Hierfür spricht auch, dass man sich mit KUP/Miscanthus weniger langfristig festlegt und damit mehr Optionen für eine spätere Landnutzungsänderung offen lässt, z. B. wenn diese Flächen doch wieder zur Erzeugung von Lebensmitteln benötigt werden sollten. Dies dürfte auch die Akzeptanz bzw. die Umsetzbarkeit der Maßnahme bei den Flächeneigentümern und Bewirtschaftern erhöhen. Die Vorzüglichkeit von KUP würde weiter steigen, wenn aus dem produzierten Holz Produkte entwickelt werden könnten, die eine längere Lebensdauer haben und kaskadenartig genutzt werden können, also nicht sofort verbrannt würden. Aus diesen Gründen ist in den beiden Maßnahmenpaketen die Maßnahme KUP/Miscanthus aufgeführt, nicht aber die Aufforstung landwirtschaftlicher Flächen.

¹⁸⁷ Langfristig: Wirkung erst nach mehr als 20 Jahren, mittelfristig: 5 bis 20 Jahre, kurzfristig: bis 5 Jahre.

6.2.2 Moderater Klimaschutz

Die in der Tabelle 6.1 aufgeführten wichtigen Maßnahmen des Maßnahmenpakets „Moderater Klimaschutz“ führen aufgrund des eingeplanten Umfangs der Maßnahmen (Umsetzung zuerst dort, wo die niedrigsten THG-Vermeidungskosten anfallen) größenordnungsmäßig zu folgenden Emissionsminderungs- bzw. Kohlenstofffestlegungseffekten:

- Landwirtschaft: 23 bis 24 Mio. t CO₂-Äq/Jahr
- Konsum von Lebensmitteln: 14 Mio. t CO₂-Äq/Jahr
- Forstwirtschaft und Holzverwendung¹⁸⁸: 28 Mio. t CO₂-Äq/Jahr

In der Summe ergeben sich 65 bis 66 Mio. t CO₂-Äq/Jahr¹⁸⁹ (s. Tab. 6.1).

¹⁸⁸ Hier sind die Substitutionseffekte aus der Holzverwendung, die sich durch einen höheren Nadelholzanteil ergeben, bereits berücksichtigt.

¹⁸⁹ Abweichung von den oben aufgeführten Minderungspotenzialen der einzelnen Bereiche ist rundungsbedingt.

Tabelle 6.1: Wichtige Maßnahmen im Maßnahmenpaket „Moderater Klimaschutz“ differenziert nach Bereich und dem Zeithorizont der THG-Minderung

Maßnahme (Kapitelnummer)	Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)	Minderungspotenzial (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq, ca.)	Zeithorizont	Anmerkungen
Landwirtschaft		23 bis 24 Gesamtpotenzial			
Erhaltung von Dauergrünland (5.2.2.1)	34.100 ha/Jahr (im Vgl. zu Umbruch 2005-2010)	2,5 - 3,1	15 – 60	sofort umsetzbar und wirksam	Synergien zu Gewässerschutz und Naturschutz (extensives Grünland)
Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (5.2.4.1)	16,7 Mio. ha LF	5,8	29 – 57	z.T. sofort umsetzbar und wirksam (Düngeverordnung, AUM)	hohe Synergien zu anderen Umweltzielen
Gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager (5.2.6.1.1)	Nicht anwendbar	2,0	2 – 100	sofort über 2.-Säule-Maßnahmen förderbar, EEG 2016 sollte gasdichte Abdeckung zur Voraussetzung für Teilnahme an Ausschreibung machen	Maßnahme verliert an Bedeutung, wenn Biogasanlagen nach Ablauf der 20jährigen Fördergarantie nicht weiter betrieben werden
Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (5.2.6.2)	425.000 ha (50 % des angenommenen Potenzials)	6,0	-25 – 7	bisheriger Anbauumfang vernachlässigbar gering, daher keine schnelle Umsetzung zu erwarten	Durch energetische Substitution im Gegensatz zur Aufforstung nach wenigen Jahren wirksam, Kaskadennutzung würde Minderungspotenzial erhöhen
Schutz von Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung (5.2.1.1)	300.000 ha	7,0	2 – 380	nur sehr langfristig umsetzbar (20-30 Jahre), positiver Klimaeffekt erst ca. 20 Jahre nach Wiedervernässung	oft hohe Synergien zu Naturschutz, Existenzgefährdung für Landwirte mit hohem Moorflächenanteil
Konsum von Lebensmitteln		14 Gesamtpotenzial			
Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards in der Gemeinschaftsverpflegung (5.3.5)	2,5 Mrd. Mittagessen in der Gemeinschaftsverpflegung jährlich	im Minderungspotenzial von 5.3.2 und 5.3.3 bereits enthalten	Keine Informationen	kurzfristig umsetzbar in Kantinen der öffentlichen Hand einschl. der Verpflegung in Schulen und Kitas	Ausgewogene Ernährung hat Synergien zu Gesundheitsförderung/-erhaltung
Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE (5.3.2)	81 Mio. Einwohner: 50 % des max. Potenzials	11,0	Konsumenten: tendenzielle Kostenminderung; sektorale Anpassungskosten	Änderungen des Ernährungsverhaltens erfolgen mittelfristig. Ausschöpfung des Minderungspotenzials vermutlich in 20 Jahren erreichbar	Potenzieller Konflikt mit Grünlanderhalt Entschärfung durch stärker grünlandbasierte Rinderhaltung oder alternative Grünlandnutzungen

Maßnahme (Kapitelnummer)	Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)	Minderungspotenzial (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq, ca.)	Zeithorizont	Anmerkungen
Reduzierung von Lebensmittelabfällen (5.3.3)	25 % der vermeidbaren Abfälle werden vermieden	3,0	keine Informationen	Potenzial insb. bei Verbrauchern. Verbraucherverhalten kann sich mittelfristig ändern	Synergien zu Umwelt- und Naturschutzzielen durch verringerten Ressourceneinsatz
Forstwirtschaft und Holzverwendung		28 Gesamtpotenzial			
Veränderung der Baumartenzusammensetzung: 70 % Nadelholz (5.4.4)	50 % des maximalen Potenzials. Effekt kann nur teilweise angerechnet werden	27,8	-145 (über die gesamte Laufzeit), d. h. keine Kosten, sondern Nutzen	Minderungseffekt (Substitutionspotenzial) tritt nur sehr langfristig ein, wenn Waldumbau großflächig umgesetzt ist und die Bestände für langlebige Holzprodukte geerntet werden können.	Zielkonflikt mit Naturschutz

Quelle: Eigene Darstellung.

6.2.3 Ambitionierter Klimaschutz

Beim Maßnahmenpaket „Ambitionierter Klimaschutz“ müssten Schritt für Schritt auch Standorte und Maßnahmen einbezogen werden, die mit höheren THG-Vermeidungskosten verbunden sind, bzw. es müsste ein größerer Aufwand für eine Ausdehnung der Maßnahmen betrieben werden. Sind ganze Regionen betroffen (v. a. durch die Wiedervernässung von Mooren), dann müsste dies langfristig durch entsprechende Politikprozesse unter Einbeziehung relevanter Akteure vorbereitet und durch andere Maßnahmen flankiert werden. Die in Tabelle 6.2 aufgeführten wichtigsten Maßnahmen führen größenordnungsmäßig zu folgenden Emissionsminderungs- bzw. Kohlenstofffestlegungseffekten:

- Landwirtschaft: 40-44 Mio. t CO₂-Äq/Jahr
- Konsum von Lebensmitteln: 34-35 Mio. t CO₂-Äq/Jahr
- Forstwirtschaft und Holzverwendung¹⁹⁰: 56 Mio. t CO₂-Äq/Jahr

In der Summe ergeben sich 130 bis 135 Mio. t CO₂-Äq/Jahr (s. Tab. 6.2). Im Vergleich zum „Moderten Klimaschutz“ resultiert die Erhöhung des jährlichen Minderungspotenzials v. a. aus der Verdreifachung des Flächenumfangs wiedervernässter Moore (+ 8 Mio. t CO₂-Äq) und der Poten-

¹⁹⁰ Hier sind die Substitutionseffekte aus der Holzverwendung, die sich durch einen höheren Nadelholzanteil ergeben, bereits berücksichtigt

zualausschöpfung der Reduzierung von Lebensmittelabfällen (+ 6 Mio. t CO₂-Äq) sowie der Verdopplung der Potenzialausschöpfung des „Konsums tierischer Produkte gemäß DGE-Empfehlungen“ (+ 11 Mio. t CO₂-Äq), der „Veränderung der Baumartenzusammensetzung“ (+ 28 Mio. t CO₂-Äq) und des Flächenumfangs für Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (+ 6 Mio. t CO₂-Äq). Zu berücksichtigen ist hierbei, dass es sich zum Teil um Maßnahmen handelt, die erst Jahrzehnte nach ihrer Umsetzung klimawirksam werden (Baumartenzusammensetzung, Wiedervernässung).

Tabelle 6.2: Wichtige Maßnahmen im Maßnahmenpaket „Ambitionierter Klimaschutz“ differenziert nach Bereich und dem Zeithorizont der THG-Minderung

Maßnahme (Kapitelnummer)	Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)	Minderungspotenzial (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq, ca.)	Zeithorizont	Anmerkungen
Landwirtschaft		40-44 Gesamtpotenzial			
Erhaltung von Dauergrünland (5.2.2.1)	34.100 ha/Jahr (im Vgl. zu Umbruch 2005-2010)	2,5 - 3,1	15 – 60	sofort umsetzbar und wirksam	Synergien zu Gewässerschutz und Naturschutz (extensives Grünland)
Verbesserung der N-Effizienz der Düngung (5.2.4.1)	16,7 Mio. ha LF	5,8	29 – 57	z.T. sofort umsetzbar und wirksam (Düngeverordnung, AUM)	hohe Synergien zu anderen Umweltzielen
Gasdichte Abdeckung vorhandener Gärrestlager (5.2.6.1.1)	Nicht anwendbar	2,0	2 - 100	Sofort über 2.-Säule-Maßnahmen förderbar, EEG 2016 sollte gasdichte Abdeckung zur Voraussetzung für Teilnahme an Ausschreibung machen	Maßnahme verliert an Bedeutung, wenn Biogasanlagen nach Ablauf der 20jährigen Fördergarantie nicht weiter betrieben werden.
Verstärkter Wirtschaftsdüngereinsatz in Biogasanlagen (Bestandsanlagen) (5.2.6.1.2)	Nicht anwendbar	1,0 – 4,8	Nicht anwendbar	sofort z. B. über Investitionshilfen förderbar	Verliert an Bedeutung, wenn Anlagen nach der 20jährigen Fördergarantie nicht weiter betrieben werden.
Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (5.2.6.2)	850.000 ha (100 % des angenommenen Potenzials)	12,0	-25 – 75	bisheriger Anbauumfang vernachlässigbar gering, daher keine schnelle Umsetzung zu erwarten.	Durch energetische Substitution im Gegensatz zur Aufforstung nach wenigen Jahren wirksam, Kaskadennutzung würde Minderungspotenzial erhöhen
Reduzierung der Verwendung von Torf als Pflanzsubstrat (5.2.1.2)	Nicht anwendbar	1,1 – 1,5	k.D.	Torfersatzstoffe bisher nicht ausreichend verfügbar. Im Hobbybereich Ausstieg innerhalb weniger Jahre möglich.	Synergien zu Umweltzielen. Je nach Ausgangsmaterial für Torfersatzstoffe Nutzungskonkurrenz zu energetischer Verwendung.
Schutz von Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung (5.2.1.1)	900.000 ha	15,2	2 – 380	nur sehr langfr. umsetzbar (20-30 Jahre), positiver Klimaeffekt erst 20 Jahre nach Wiedervernässung	oft hohe Synergien zu Naturschutz, Existenzgefährdung f. Ldw. mit hohem Moorflächenanteil

Maßnahme (Kapitelnummer)	Fläche/Produkteinheit (ggf. Szenarios)	Minderungspotenzial (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq, ca.)	Zeithorizont	Anmerkungen
Konsum von Lebensmitteln		34-35 Gesamtpotenzial			
Umsetzung der DGE-Qualitätsstandards in der Gemeinschaftsverpflegung (5.3.5)	2,5 Mrd. Mittagessen in der Gemeinschaftsverpflegung jährlich	im Minderungspotenzial von 5.3.2 und 5.3.3 bereits enthalten	Keine Informationen	kurzfristig umsetzbar in Kantinen der öffentlichen Hand einschl. der Verpflegung in Schulen und Kitas; in anderen Bereichen eher mittelfristig.	Ausgewogene Ernährung hat Synergien zu Gesundheitsförderung/-erhaltung Potenzieller Konflikt mit Grünlanderhalt. Entschärfung durch stärker grünlandbasierte Rinderhaltung oder alternative Grünlandnutzungen
Reduzierung des Konsums von Wasser aus Flaschen (5.3.4)	75 % von 143,5 l pro Kopf/Jahr	1,8	Kostenminderung für Konsumenten	mittelfristig erreichbar	Kostenminderung für Konsumenten
Verzicht auf Flugware (5.3.7)	Reduzierung der Flugware-induzierten Emissionen um 80 %	0,7 – 1,7	Kostenminderung für Konsumenten	mittelfristig erreichbar	wirtschaftlicher Schaden in exportorientierten Entwicklungsländern möglich
Konsum tierischer Produkte gemäß den Empfehlungen der DGE (5.3.2)	81 Mio. Einwohner	22,0	Konsumenten: tendenzielle Kostenminderung; sektorale Anpassungskosten	mittelfristig erreichbar	Reduzierung des Konsums von Rindfleisch und Milch(produkten) und Grünlanderhalt dann nicht konfligierend, wenn Rinderhaltung stärker grünlandbasiert erfolgt.
Reduzierung von Lebensmittelabfällen (5.3.3)	75 % der vermeidbaren Abfälle werden vermieden	9,0	keine Informationen	Potenzial insb. bei Verbrauchern. Verbraucherverhalten kann sich mittelfristig ändern	Synergien zu Umwelt- und Naturschutzzielen durch verringerten Ressourceneinsatz.
Forstwirtschaft und Holzverwendung		56 Gesamtpotenzial			
Veränderung der Baumartenzusammensetzung (5.4.4)	Nadelholz dominiert (70 %), 100 % des maximalen Potenzials	Ca. 56,0	-145 (über die gesamte Laufzeit), d. h. keine Kosten, sondern Nutzen	Minderungseffekt (Substitutionspotenzial) tritt nur sehr langfristig ein, wenn Waldumbau auf großer Fläche umgesetzt ist und die Bestände für langlebige Holzprodukte geerntet werden können.	Zielkonflikt mit Naturschutz

Quelle: Eigene Darstellung.

6.3 Empfehlungen im Bereich Land- und Ernährungswirtschaft

Die landwirtschaftliche Produktion findet weitgehend in offenen Systemen statt, und die Emissionen von Methan und Lachgas entstehen durch biologische Prozesse, die nicht vollständig kontrolliert werden können. Zudem kann auf die Erzeugung von Lebensmitteln nicht verzichtet werden. Landwirtschaft kann daher weder aufgegeben noch vollständig dekarbonisiert werden. Allerdings bestehen auch in der Landwirtschaft, wie Kapitel 5.2 gezeigt hat, beachtliche THG-Reduktionspotenziale.

6.3.1 Stickstoffeffizienz der Düngung verbessern

Stickstoff „kommt als Hauptpflanzennährstoff und als Inhaltsstoff von Futtermitteln (Protein) für die landwirtschaftliche Produktion eine zentrale Bedeutung zu. Der Ersatz von mit der Ernte entzogenen Nährstoffen durch Düngung ist eine Voraussetzung für hohe Erträge und die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Eine mittel- bis langfristig über den Entzug hinausgehende Düngung [...] führt jedoch zu erheblichen Beeinträchtigungen der Umwelt, insbesondere durch reaktive Stickstoffverbindungen.“ (WBA, WBD, SRU 2013: 4). Der Einsatz von Stickstoffdüngern zählt zu den wichtigsten Ursachen der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft. Eine Verbesserung der N-Effizienz der Düngung und die damit verbundene Reduzierung der Stickstoffüberschüsse der Landwirtschaft tragen damit nicht nur zum Klimaschutz bei, sondern auch zur Erreichung weiterer Umweltziele (SRU 2015).

6.3.1.1 Düngerecht verschärfen und konsequent umsetzen (Adressat: Bund, Länder)

Der WBAE und der WBW empfehlen Bundesregierung und Bundesrat, das Düngerecht zügig zu novellieren und hierbei die gemeinsamen Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, des Wissenschaftlichen Beirats für Düngungsfragen und des Sachverständigenrates für Umweltfragen (s. u.) zu berücksichtigen. Sie empfehlen den Ländern, für eine wirksame Umsetzung des Düngerechts zu sorgen und die Auswirkungen einer Verschärfung des Düngerechts bis 2020, u. a. auf Basis der einzelbetrieblichen Nährstoffbilanzen zu evaluieren.¹⁹¹

Die Novellierung der Düngeverordnung wird bereits seit mehreren Jahren diskutiert. Die Europäische Kommission hat bereits 2013 ein Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland eingeleitet und mehrfach eine Verschärfung der Düngeverordnung angemahnt. Im April 2016 hat sie Kla-

¹⁹¹ Hierzu sollten die Landwirte ihre Nährstoffbilanzen in eine Online-Datenbank eingeben.

ge gegen Deutschland vor dem Europäischen Gerichtshof wegen der Nichteinhaltung der Nitratrichtlinie eingereicht.

Der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik, der Wissenschaftliche Beirat für Düngungsfragen und der Sachverständigenrat für Umweltfragen haben in ihrer gemeinsamen Kurzstellungnahme zur Novellierung der Düngeverordnung detaillierte Empfehlungen ausgesprochen (WBA, WBD, SRU 2013; WBA, WBD, SRU 2016). Diese umfassen neben der Forderung nach Einführung der Hoftorbilanzierung für Stickstoff und Phosphor konkrete Maßnahmen im Bereich des Düngungsmanagements wie die Verlängerung der Sperrfristen zur Ausbringung von organischen Düngemitteln, die Ausweitung der Mindestlagerkapazitäten sowie die Verschärfung der Anforderungen an die Ausbringungstechnik und Einarbeitung von organischen Düngemitteln. Darüber hinaus wurden vom WBA, WBD und SRU Verbesserungen bei der Durchsetzung düngerechtlicher Vorschriften angemahnt.

Gleichzeitig haben WBA, WBD und SRU zur leichteren und schnelleren Anpassung an das novellierte Düngerecht dem Bund und den Bundesländern weitere Prüfungen empfohlen. Diese Prüfungen betreffen „zum Beispiel die Kapazitätserweiterung zur Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei Altanlagen (für die eine Übergangsfrist bis 2020 empfohlen wurde) als Fördertatbestand mit zeitlich degressiven Fördersätzen auf Bundesebene in das Agrarinvestitionsförderprogramm der Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK) und in den Bundesländern in die Programme zur ländlichen Entwicklung aufzunehmen. In ähnlicher Weise kann eine schnellere Umsetzung emissionsmindernder Ausbringungstechniken befördert werden.“ (WBA, WBD, SRU 2013: 16).

Zahlreiche Empfehlungen der Kurzstellungnahme finden sich in den vorliegenden Entwürfen der Bundesregierung zur Novellierung des Düngegesetzes und der Düngeverordnung (Stand Dezember 2015) wieder. Einige Anpassungen sind aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes unzureichend:

- „Die Übergangsfristen von bis zu zehn Jahren für die Einführung von emissionsarmer Ausbringungstechnik sind zu lang.
- Die Einarbeitungsfrist für Gülle, Gärreste und bestimmte weitere Düngemittel von vier Stunden ist zu großzügig angesetzt. Die Einarbeitung auf unbestelltem Ackerland innerhalb von einer statt der vorgesehenen vier Stunden ist eine hochwirksame und kosteneffiziente Maßnahme zur Minderung der Ammoniakemissionen. (...)
- Die vorgesehene Derogationsregel für Gärreste auf Ackerflächen, d. h. Ausnahmen für die Ausbringungsbegrenzung von Stickstoff, ist nicht mit den Zielen des Gewässer- und Klimaschutzes vereinbar.
- Die Berücksichtigung von Futtermittelnverlusten in Höhe von 15 bis 25 % bei der Erstellung der Nährstoffvergleiche von Futterbaubetrieben ist unangemessen hoch und konterkariert die angestrebte Verbesserung der Nährstoffeffizienz auf Betriebsebene deutlich.

- Die Länderöffnungsklausel befähigt die Bundesländer, zusätzliche Maßnahmen in Gebieten mit hoher Nitratbelastung zu ergreifen. Ihre momentane Ausgestaltung bietet allerdings aufgrund der hohen Freiheitsgrade die Möglichkeit, auf Länderebene Standards festzusetzen, die hinter der erforderlichen Verschärfung in belasteten Gebieten zurückbleiben. Dies gefährdet die Erreichung der in Wasserrahmenrichtlinie und Nitratrictlinie festgelegten Umweltziele.“ (SRU et al. 2016: 2 f.).

6.3.1.2 Stickstoffabgabe einführen, wenn N-Überschüsse nicht hinreichend reduziert werden (Adressat: Bund)

WBAE und WBW empfehlen dem Bund, die Einführung einer nationalen Mineralstickstoffabgabe vorzubereiten – ggf. in Kombination mit einer Abgabe auf organischen Stickstoff tierischer Herkunft und Biogasgärreste pflanzlicher Herkunft. Deren Umsetzung sollte jedoch nur und erst dann erfolgen, wenn sich abzeichnet, dass die angemahnte Verschärfung der Düngeverordnung nicht umgesetzt wird oder keine für den Klima- und Grundwasserschutz hinreichende Verringerung der Stickstoffüberschüsse bewirkt. Sollte der von Deutschland im Rahmen der Berichtspflicht zur Nitratrictlinie alle vier Jahre vorzulegende Nitratbericht 2020 keine hinreichende Überschussverringerung belegen oder der Stickstoffindikator der Nachhaltigkeitsstrategie (Saldo der nationalen Hoftorbilanz) 2020 80 kg N/ha LF überschreiten, empfehlen die Beiräte die o. g. Abgaben in moderater Höhe einzuführen. Die Einbeziehung organischen Stickstoffs tierischer Herkunft und von Biogärresten pflanzlicher Herkunft bleibt zu prüfen. Obwohl näher an dem Klimaproblem „THG-Emission“ ansetzend, sprechen sich die Beiräte gegen eine N-Überschussabgabe (s. Kap. 4.2.1) aus. Ihr zusätzlicher Nutzen in Form besserer Zielgenauigkeit würde die hohen Administrationskosten nicht rechtfertigen. Die Beiräte empfehlen, die Einnahmen aus der Stickstoffabgabe allocationsneutral an die Landwirte zu verteilen, etwa in Form einer flächengebundenen Zahlung, deren Höhe unabhängig von der individuell geleisteten Abgabe ist. Dies würde den durch die N-Abgabe entstehenden Wettbewerbsnachteil der deutschen Landwirtschaft gegenüber der übrigen EU teilweise kompensieren. Allenfalls ein kleiner Teil der Einnahmen sollte zur Finanzierung von Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft verwendet werden.

6.3.1.3 Weitere Maßnahmen zur N-Effizienzverbesserung der Düngung nutzen (Adressat: Länder, Bund, Wirtschaft)

Die Beiräte halten die Durchsetzung eines verschärften Düngerechts für unverzichtbar für die Verbesserung der N-Effizienz. Darüber hinaus empfehlen sie, ein breites Spektrum an Maßnahmen und Instrumenten zur Verbesserung der N-Effizienz umzusetzen.

In einigen Bereichen besteht Bedarf an Forschung zur Verbesserung der N-Effizienz und an Demonstrationsvorhaben, um einen schnelleren Wissenstransfer in die Praxis zu erreichen. Die Beiräte empfehlen Bund und Ländern, hier verstärkt fördernd tätig zu werden, z. B. zur Entwicklung emissionsarmer Mineraldünger, zur Effektivität und zu Nebenwirkungen von Denitrifikationshemmstoffen sowie Ureaseinhibitoren bei Harnstoffdüngern, zur Weiterentwicklung von Methoden und Technologien für das precision farming in der Stickstoffdüngung (insbesondere für den Wirtschaftsdüngereinsatz) oder zur Entwicklung von Anbau-, Mess- und Bewertungsverfahren für Wertschöpfungsketten für eine N-reduzierte Brotweizenproduktion.

Die Pflanzenzüchtung kann über die Entwicklung ertragsstabiler, krankheitsresistenter Sorten mit hoher N-Nutzungseffizienz einen wichtigen Klimaschutzbeitrag leisten. Dies sollte über entsprechende Forschungsprojekte, aber auch durch eine Schwerpunktsetzung in der Zulassung neuer Sorten befördert werden.

Schließlich sollten Information, Beratung und Ausbildung einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der N-Effizienz leisten, aber auch zum Klimaschutz in der Landwirtschaft allgemein.

6.3.2 Landwirtschaftlich genutzte Moore differenziert schützen (Adressat: Bund, Länder)

Aufgrund der hohen Bedeutung der THG-Emissionen aus Mooren und den Synergien mit Biodiversitäts- und Wasserschutzzielen halten die Beiräte den Moorschutz für ein wichtiges Element des Klimaschutzes. Sie empfehlen dem Bund, zusammen mit den Bundesländern, v. a. denjenigen mit umfangreichen Moorflächen, unter Einbeziehung relevanter Akteure eine Moorschutzstrategie zu erarbeiten. Diese Strategie sollte verbindliche Zeitziele und Umsetzungsschritte sowie ein langfristig gesichertes Finanzierungskonzept beinhalten.

Als Informationsgrundlage sollten die Moorflächen in Deutschland nach ihrer Schutzwürdigkeit eingestuft werden. Hierzu kann auf die in einigen Bundesländern vorhandene Moorkartierung zurückgegriffen werden. Diese Kartierungen sollten zunächst auf den neuesten Stand gebracht und bundesweit vereinheitlicht werden, sodass die Daten deutschlandweit zusammengeführt werden können. Aus Sicht des Klimaschutzes richtet sich die Schutzwürdigkeit zunächst danach, ob es sich um die wenigen noch vorhandenen intakten Moore oder um bereits entwässerte Moorflächen handelt. Für letztere, die weit über 90 % der Fläche von Mooren ausmachen, sollte

die Schutzwürdigkeit nach der Mächtigkeit der (noch vorhandenen) Torfauflage gestaffelt werden. Diese kann zwischen wenigen Dezimetern und mehreren Metern variieren. Als weitere Kriterien sollten Synergieeffekte im Bereich des Biodiversitätsschutzes, der Hochwasservorsorge und des Wasserschutzes sowie die Regenerierbarkeit des Moorkörpers herangezogen werden. Schließlich ist die Endlichkeit der landwirtschaftlichen Nutzung auf vielen Moorböden zu berücksichtigen. Die fortlaufende, durch Entwässerung und Torfzersetzung bedingte Sackung macht es für die landwirtschaftliche Nutzung erforderlich, die Entwässerung zu vertiefen. Dem sind je nach Standort wasserbauliche Grenzen gesetzt. Zudem kann sich die Nutzbarkeit auch durch Veränderungen der Bodeneigenschaften verschlechtern.

Die Moore könnten dann in die folgenden Schutzkategorien unterteilt werden:

- Kategorie I: Intakte (nicht entwässerte), noch wachsende Moore,
- Kategorie II: Entwässerte Moore mit mächtiger Torfauflage (IIa mit bedeutender Habitatfunktion; IIb ohne solche Habitatfunktion) (ca. 800.000 ha LF),
- Kategorie III: Entwässerte Moore mit geringer Torfauflage sowie Anmoore (IIIa/IIIb, mit/ohne bedeutende Habitatfunktion) (ca. 400.000 ha LF).

Moore der Kategorie I stehen bereits nach §30 BNatSchG als besonders geschützte Biotope unter Schutz und werden nicht landwirtschaftlich genutzt. Bundesländer mit hohen Anteilen organischer Böden an der landwirtschaftlich genutzten Fläche haben zudem Moorschutzprogramme etabliert. Der Umfang der auf diese Weise geschützten Moorflächen reicht jedoch nicht aus, um die in Kapitel 5.2.1. formulierten THG-Minderungsziele zu erreichen. Daher sind weitere Schutzmaßnahmen erforderlich.

Die von den Beiträgen empfohlene Moorschutzpolitik differenziert nach der Schutzwürdigkeit der Flächen, trägt möglichen Synergieeffekten mit Biodiversitäts- und Gewässerschutzzielen Rechnung und strebt an, Flächen mit niedrigen THG-Vermeidungskosten prioritär unter Schutz zu stellen. Ziel der Moorschutzstrategie ist es,

- alle schutzwürdigen Moorflächen, die landwirtschaftlich genutzt werden, mit einem Basisschutz (gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Moorflächennutzung) zu versehen,
- auf Flächen höherer Schutzwürdigkeit über den Basisschutz hinaus standortangepasste Nutzungen zu fördern, die den Abbau des Moorkörpers verhindern und gegebenenfalls Biodiversitäts- oder Gewässerschutzziele fördern,
- Flächen höchster Schutzwürdigkeit aus der landwirtschaftlichen Nutzung zu nehmen mit dem Ziel der Revitalisierung der Moore durch Wiedervernässung.

Die Moorkartierungen bilden eine wichtige klima- und naturschutzfachliche Informationsgrundlage, um unter Berücksichtigung von Informationen über THG-Vermeidungskosten Schutzmaßnahmen und -programme zu konzipieren. Dabei sollte keine genaue Zuordnung der erhöhten Schutzmaßnahmen (Förderung von Moorschutznutzungen bzw. Flächenstilllegung zwecks Wie-

derversäuerung) zu den o. g. Schutzkategorien vorgenommen werden. Je nach den standörtlichen Gegebenheiten kann es sinnvoll sein, entweder ein Mosaik von extensiv genutzten sowie stillgelegten und wiederversäurten Flächen anzustreben oder eine größere zusammenhängende Fläche zwecks Renaturierung von Mooren zu akquirieren.

Die Erreichung der genannten Moorschutzziele erfordert einen Instrumentenmix aus ordnungsrechtlichen Vorgaben und ökonomischen Anreizen, der im Folgenden näher beschrieben wird.

- Der Basisschutz von Moorflächen ist über die Definition von Anforderungen der guten fachlichen Praxis auf Moorböden zu gewährleisten. Die von LLUR (2012) erarbeiteten Grundsätze bilden hierfür nach Einschätzung der Beiräte eine gute Grundlage für die Definition:
 - a) Moorböden sollten ausschließlich als Dauergrünland genutzt werden. Vorhandene Ackernutzungen sind innerhalb einer vorgegebenen Frist (von z. B. zehn Jahren) in Grünlandnutzungen zu überführen. Grünlandnutzung erlaubt höhere Grundwasserstände ohne Leistungseinschränkungen und vermindert so im Vergleich zu ackerbaulicher Nutzung die THG-Emissionen erheblich.
 - b) Grünlandpflege sollte nur mit umbruchslosen Verfahren erfolgen.
 - c) Die organische und mineralische Stickstoffdüngung auf Moorstandorten sollte durch Obergrenzen beschränkt sein. Diese sollten eventuell nach Moortyp (Hochmoor, Niedermoore) und standörtlichen Verhältnissen differenziert sein.
 - d) Die Grundwasserstände sollten in den Sommermonaten auf maximal 60 cm unter Flur und in den Wintermonaten auf maximal 30 cm unter Flur eingestellt werden.

Diese grundlegenden Anforderungen sind schrittweise einzuführen, sodass den betroffenen Landwirten ausreichend Zeit für Anpassungsprozesse gegeben wird. Durch die Rückumwandlung von Ackernutzungen zu Dauergrünland können die betroffenen Landwirte in einigen Bundesländern bereits heute Grünlandumbruchszertifikate generieren, die in Schleswig-Holstein zurzeit mit ca. 3.000 €/ha gehandelt werden. Zur Steigerung der Effizienz dieses Instruments sollten sich Bundesregierung und Bundesländer darauf verständigen, die Grünlandumbruchszertifikate bundesweit handelbar zu machen (gegenwärtig ist der Handel nur innerhalb von Naturräumen zulässig). Darüber hinaus empfehlen die Beiräte den Bundesländern zu prüfen, ob die durch Wiederanlage von Dauergrünland auf Moorflächen generierten Zertifikate mit einer höheren Wertigkeit versehen werden können, sodass etwa die Anlage von einem Hektar Dauergrünland auf Moorstandorten zum Umbruch von mehr als einem Hektar Grünland auf Mineralböden berechtigt. Dies würde den Preis dieser Zertifikate erhöhen und somit die vom Rückumwandlungsgebot betroffenen Landwirte finanziell kompensieren. Beide Modifikationen zusammen (bundesweiter Handel und Aufwertung) könnte zu einer starken freiwilligen Extensivierung oder ggf. Stilllegung von Moorflächen auf marginalen Standorten (etwa in Brandenburg) führen. Vor diesem Hintergrund sollte schrittweise vorgegangen und zunächst die bundesweite Handelbarkeit eingeführt werden. Nur wenn die Evaluation dieser Maßnahme eine zu geringe Wirkung anzeigt, sollte die Aufwertung der

Moorzertifikate vorgenommen werden. Darüber hinaus sollten die Umwandlungen als Kompensationsmaßnahme im Rahmen der Eingriffsregelung anerkannt werden.

- Die finanzielle Förderung standortangepasster Nutzungen, die über den Basisschutz hinausgehen, sollte über Vertragsklimaschutzmaßnahmen auf freiwilliger Basis erfolgen. Die zu fördernden Maßnahmen sollten ein deutlich höheres Schutzniveau als die genannten ordnungsrechtlichen Eingriffe anstreben. Sie können in einzelnen Betrieben und auf Einzelflächen oder über die Förderung von Kooperationen auf zusammenhängenden Flächen verschiedener Betriebe umgesetzt werden. Welche Moorschutznutzungen gefördert werden, muss stets standortabhängig entschieden werden. Ein typisches Maßnahmenpaket könnte sich an existierenden Schutzprogrammen für mesophiles Grünland orientieren. Entscheidend ist die Anhebung der Grundwasserstände auf 10 bis 20 cm unter Flur, kombiniert mit weiteren Beschränkungen der Düngung, des Viehbesatzes sowie der Schnittzeitpunkte (wenn zusätzlich Wiesenbrüter gefördert werden sollen). Ein weiteres Programm könnte die nasse Nutzung der Moorflächen durch Paludikulturen fördern.

Entscheidend ist die dauerhafte Unterschutzstellung der Flächen. Das bestehende Förderrecht im Rahmen der ELER-Programme sieht in der Regel fünfjährige Vertragslaufzeiten (in Ausnahmefällen 20 Jahre) vor und ist deshalb für den Moorschutz unzureichend. Deshalb sind langfristig alternative Finanzierungsmodelle zu entwickeln. Kurzfristig sollte jedoch mit den üblichen 5- oder 20-jährigen Verträgen begonnen werden, um das Instrument des Vertragsmoorschutzes zu erproben. Bei erfolgreicher Evaluierung wäre in einem nächsten Schritt die Weiterentwicklung des Instruments in Richtung einer dauerhaften Festschreibung von Moorschutznutzungen anzugehen. Neben einer auf Dauer angelegten Finanzierung wäre in diesem Zusammenhang die Eintragung von Grunddienstbarkeiten (anstelle rollierender Verträge) zu prüfen.

Aufgrund der großen Heterogenität in den Vermeidungskosten empfehlen die Beiräte, Verträge für Moorschutzmaßnahmen auszuschreiben. Landwirte würden dann Gebote einreichen, in denen sie die Höhe ihrer Kompensationsforderung für die angebotenen Moorflächen benennen. Nach Ende der Bietfrist werden die eingegangenen Gebote der Höhe nach geordnet. Die niedrigsten Gebote erhalten einen Zuschlag, bis der angestrebte Flächenumfang erreicht oder ein zuvor festgelegtes Budget verausgabt ist. Für das Ranking der Gebote könnten neben der Höhe der Kompensationsforderung je Hektar und der erwarteten THG-Minderung weitere Kriterien herangezogen werden, etwa ob von der Unterschutzstellung zusätzlich positive Biodiversitätseffekte zu erwarten sind. Grundsätzlich sollten Ausschreibungen bundesweit (besser EU-weit, s. Kap. 6.3.6) erfolgen. Einer solch breiten Gebietskulisse sind jedoch Grenzen gesetzt, da unterschiedliche standörtliche Gegebenheiten es ggf. erforderlich machen, kleinräumig maßgeschneiderte Verträge anzubieten. Aus Wettbewerbsgründen kann aber nur ein einheitlicher Vertrag Gegenstand eines Ausschreibungsverfahrens sein. Dadurch schränkt sich die Gebietskulisse für ein Ausschreibungsverfahren ggf. auf einen Naturraum mit vergleichbaren standörtlichen Gegebenheiten ein.

- Im Gegensatz zu einer dem Moorschutz angepassten, extensiven Nutzung zielt das dritte Element der vorgeschlagenen Moorschutzpolitik auf die Nutzungsaufgabe von Moorflächen

mit dem Ziel der Revitalisierung der Moore ab. Die Kombination aus extensiver, moorkonservierender Nutzung und Flächenstilllegung einschließlich Wiedervernässung führt zu einem Mosaik unterschiedlicher Vernässungsgrade in der Landschaft mit einem zusätzlich positiven Effekt auf die Biodiversität auf Landschaftsraumebene.

Bereits heute werden Moorflächen durch Träger der öffentlichen Hand aufgekauft oder durch die Eintragung von Grunddienstbarkeiten gesichert. Die Finanzierung erfolgt häufig über den Verkauf von Ökopunkten im Rahmen der Eingriffsregelung. Zur Erreichung der in Kapitel 5.2.1 umrissenen Schutzziele reicht der Umfang der so gesicherten Moorflächen jedoch nicht aus. Daher sind weitere Flächensicherungen durch die öffentliche Hand erforderlich mit dem Ziel, zusammenhängende Flächen für Renaturierungsvorhaben bereitzustellen. Auch hier kann die Sicherung über den Erwerb der Flächen durch die öffentliche Hand oder durch die Eintragung von Grunddienstbarkeiten erfolgen. Ziel ist jeweils die Wiedervernässung der Flächen. In diesem Zusammenhang empfehlen die Beiräte den Bundesländern, dem Staat ein Vorkaufsrecht für Moorflächen in den jeweiligen Landesnaturschutzgesetzen einzuräumen.

Die Akquirierung von Flächen für Renaturierungsvorhaben sollte – wie oben für die Moorschutzverträge beschrieben – über ein Ausschreibungsverfahren erfolgen. Landwirte werden gebeten, Gebote einzureichen, in denen sie die für eine Stilllegung und Wiedervernässung angebotenen Flächen mitsamt den jeweiligen Kompensationsforderungen benennen. Die Gebote, aus denen sich die niedrigsten THG-Vermeidungskosten ergeben, erhalten einen Zuschlag, bis der angestrebte Flächenumfang erreicht ist. Beim Ranking der Gebote könnten angrenzenden Flächen ein größeres Gewicht gegeben werden, wenn es das Ziel ist, ein größeres zusammenhängendes Gebiet für ein Renaturierungsprojekt zu akquirieren. Auch hier sollte die Ausschreibung bundesweit (bestenfalls EU-weit) erfolgen.

Durch das Ausschreibungsverfahren werden Flächen mit möglichst hoher Kostenwirksamkeit unter Schutz gestellt. Ein weiterer Vorteil ist, dass regionale Eigeninitiativen für einen effektiven Moorschutz gestärkt werden, indem Gebote nicht nur von einzelnen Landwirten für einzelne Flächen, sondern auch von Kooperationen für zusammenhängende Flächen verschiedener Betriebe eingereicht werden können. In diesem Zusammenhang könnte den im norddeutschen Raum etablierten Wasser- und Bodenverbänden eine zentrale Koordinationsrolle zukommen.

Es sollte geprüft werden, inwiefern das EU-Recht dahingehend geändert werden kann, dass aus der Produktion ausscheidende Moorflächen den Status als beihilfeberechtigte Flächen behalten. Dies würde sich in niedrigeren Kompensationsforderungen der Landwirte reflektieren.

Zur Erreichung der in Kapitel 5.2.1 genannten Schutzziele ist ein klarer zeitlicher Pfad zu definieren. Sollen etwa 0,3 Mio. ha Moore (Szenario a) in einem Zeitraum von 20 bis 30 Jahren unter Schutz gestellt werden (sei es im Wege von standortangepassten Extensivnutzungen oder von Flächenstilllegungen mit Wiedervernässung), müssten im Durchschnitt jährlich zusätzlich 10.000 ha bis 15.000 ha hierfür akquiriert werden. Dies entspricht 0,8 bis 1,3 % der landwirtschaftlich genutzten Moorfläche Deutschlands. In Szenario C (0,9 Mio. ha Moorfläche) wären es 2,5 % bis

3,8 %. Diese Größen sollten die Orientierungsmarken für die Ausschreibungsverfahren darstellen. Gebote sollten angenommen werden, bis die entsprechenden Flächenumfänge erreicht sind. Eine solche gestaffelte Vorgehensweise ist auch im Hinblick auf die Planungssicherheit bzw. den Vertrauensschutz für die landwirtschaftlichen Betriebe angezeigt. Nach jeweils fünf Jahren sollten die Effektivität, Effizienz und Umsetzbarkeit der Maßnahmen evaluiert werden.

Sollte sich herausstellen, dass Landwirte in den ersten Jahren weniger als die erforderlichen Flächen anbieten, sollten ordnungsrechtliche Unterschützstellungen bestimmter Flächen in Kombination mit einer vorab festgelegten einheitlichen Ausgleichszahlung vorgenommen werden. Der mögliche Einsatz dieses Instruments sollte schon vor Beginn des Ausschreibungsverfahrens angekündigt werden.

Da Moorschutzmaßnahmen in manchen Regionen zu einschneidenden Änderungen der wirtschaftlichen Situation der ländlichen Wirtschaft wie auch des Landschaftsbildes führen können, empfehlen die Beiräte, Moorschutzmaßnahmen (insbesondere großflächige Renaturierungsprojekte) mit flankierenden Maßnahmen zu begleiten. Diese umfassen u. a. die frühzeitige Einbeziehung relevanter Akteure aus Zivilgesellschaft und Wirtschaft. Ziel der flankierenden Maßnahmen ist es, vor Ort einen Grundkonsens für die geplanten Moorschutzprojekte zu erzeugen.

Der hohe Finanzbedarf für die Vertragsklimaschutzmaßnahmen, für die investive Förderung von Moorschutzprojekten und für die Flächensicherung macht es erforderlich, neue, finanziell ausreichend ausgestattete Förderinstrumente zu entwickeln. Diese könnten aus Bundes- und Landesmitteln, aus EU-Mitteln und Versteigerungserlösen für Emissionszertifikate des ETS finanziert werden. Moorschutz sollte als nationale Herausforderung anerkannt werden. Das bedeutet, dass sich angesichts der sehr unterschiedlichen regionalen Betroffenheit der Bund mit einem erheblichen Anteil an der Finanzierung des Moorschutzes beteiligen sollte, beispielsweise durch einen nationalen Moorschutzfonds. Wenn die Finanzierung des Moorschutzes dagegen in relevantem Umfang über EU-Strukturfonds oder Programme zur ländlichen Entwicklung erfolgen würde, sollte die bisherige Mittelaufteilung auf die Bundesländer an die unterschiedliche regionale Betroffenheit vom Moorschutz angepasst und ein Mindestbudgetanteil für Moorschutz vorgegeben werden.

6.3.3 Torfausstiegsstrategie erarbeiten und umsetzen (Adressat: Bund, Länder)

Die Beiräte empfehlen dem Bund, gemeinsam mit den betroffenen Ländern, Umwelt- und Industrieverbänden eine Torfausstiegsstrategie zu erarbeiten und dann schrittweise umzusetzen. Ein sofortiges Verbot des Torfabbaus in Deutschland wäre rechtlich nicht möglich. Vor allem aber würde es – ebenso wie ein Herauskaufen der erteilten Abtorfgenehmigungen – nicht zu einer Reduzierung von THG-Emissionen, sondern nur zu deren Verlagerung ins Ausland führen, da dann verstärkt Torfsubstrate importiert würden. Als Teil einer langfristigen Torfausstiegsstrategie soll-

ten Bund und Länder die Entwicklung von möglichst klima-, umwelt- und anwenderfreundlichen Torfersatzstoffen durch Forschungsförderung vorantreiben. Die Beiräte empfehlen, die Verwendung von Torfsubstraten im Hobbygartenbau innerhalb der nächsten zwei Jahre zu verbieten und im Erwerbsgartenbau beginnend in ca. fünf Jahren schrittweise einzuschränken. Diese Empfehlung ist davon abhängig zu machen, ob Torfersatzprodukte dann auch in ausreichender Qualität und Quantität zur Verfügung stehen. Obwohl bereits torffreie Substrate in gewissem Umfang verfügbar sind, ist der Einsatz im Hobby- als auch im Profibereich sehr verhalten. Dies liegt z. T. an den von Torfprodukten abweichenden Eigenschaften, die den Anforderungen im Erwerbsgartenbau noch nicht genügen. Dadurch wird die Verwendung dieser Produkte von den Anwendern als unverhältnismäßig risikoreich angesehen. Informationskampagnen auf Bundes- und Länderebene, die auf den Profi- und Hobbysektor abgestimmt sind, sollten zur Versachlichung der Debatte beitragen. Die Vergaberichtlinien für öffentliche Aufträge sollten dahingehend geändert werden, dass bei öffentlichen Aufträgen im Garten- und Landschaftsbau die Verwendung von Torfersatzstoffen vorgegeben werden kann. Im öffentlichen Garten- und Landschaftsbau sollte ein frühzeitiger Verzicht auf torfbasierte Substrate auch eine wichtige Leuchtturmfunktion erfüllen und Best-Practice-Beispiele generieren.

6.3.4 Dauergrünland nach Schutzwürdigkeit gestaffelt schützen (Adressat: Länder, Bund)

Für den Erhalt des klima- und biodiversitätsrelevanten Grünlands empfehlen die Beiräte eine ähnliche Strategie wie für den Moorschutz. Auch hier sollte die Grünlandfläche der Bundesländer zunächst nach unterschiedlicher Schutzwürdigkeit kartiert werden. In vielen Bundesländern kann dazu auf vorhandene Grünlandkartierungen zurückgegriffen werden. Hoch schutzwürdiges artenreiches und mesophiles Grünland sowie Grünland auf organischen Böden (Schutzgebietskategorie I) wäre per Ordnungsrecht in Kombination mit einem finanziellen Ausgleich zu sichern. In gewissem Umfang wird dieses bereits in den Natura-2000-Gebieten praktiziert. Auch hier haben die gesellschaftlichen Schutzinteressen Vorrang vor landwirtschaftlichen Nutzungsinteressen. Die Einschränkung der Nutzungsinteressen wird durch den finanziellen Ausgleich kompensiert. Werden weitere Schutzziele berücksichtigt (Biodiversität, Bodenschutz in Hanglagen und Überschwemmungsgebieten, Wasserschutz), ist davon auszugehen, dass weit über 50 % des Grünlands in Deutschland in die Kategorie des schützenswerten Grünlands fällt. Auflagen zur Grünlanderhaltung sollten erwünschten Landnutzungsänderungen nicht entgegenstehen. So wird auf Moorböden angestrebt, Grünlandflächen schrittweise nach Schutzwürdigkeit und der Höhe der THG-Vermeidungskosten zu vernässen und in andere Landnutzungs- bzw. Vegetationsformen zu überführen (s. Kap. 5.2.2.1 und 6.3.2). Zu entscheiden ist ferner, inwieweit eine Aufforstung von Grünlandflächen bzw. Etablierung von KUP zugelassen werden soll. Dies kann im Konflikt mit Biodiversitätszielen stehen, aber andererseits Klimaschutzziele unterstützen.

Der Erhalt weniger schützenswerten Grünlands (Kategorie II, etwa intensiv genutzte, artenarme Grünlandflächen auf Mineralböden) sollte über ökonomische Anreize organisiert werden. Hierzu

sollte das bewährte Instrument der handelbaren Grünlandumbruchsrechte beibehalten werden. Grünlandumbrüche in der Schutzkategorie II wären demnach prinzipiell möglich, aber genehmigungspflichtig. Ein Grünlandumbruch würde behördlich nur dann genehmigt, wenn der Antrag stellende Landwirt ein Grünlandumbruchsrecht nachweist, das an anderer Stelle durch die Umwandlung von Acker in Grünland geschaffen wurde, oder das Grünland in eine andere unter Klimagesichtspunkten wünschenswerte Nutzung überführt wird (z. B. Moorrenaturierung, Flussauenrenaturierung). Auf diese Weise kann es gelingen, einen Tausch von Grünlandflächen in die Schutzgebietskategorie I zu organisieren. Umgekehrt ist ein Tausch von Grünland aus der Schutzgebietskategorie I heraus nicht möglich, weil dort ein ordnungsrechtliches Grünlandumbruchverbot herrscht.

Kritisch ist anzumerken, dass eine dauerhafte Festschreibung der Grünlandfläche auf Bundeslandebene die langfristigen Anpassungsmöglichkeiten der Landwirte an geänderte Marktverhältnisse (z. B. eine geringere Rentabilität der Milch- und Rindfleischproduktion) einschränken kann. Vor diesem Hintergrund empfehlen die Beiräte, dass Bund und Länder alle fünf bis sieben Jahre evaluieren, ob die auf Bundeslandebene festgeschriebene Grünlandfläche noch sachgerecht ist oder angepasst werden sollte, sofern dies EU-rechtlich dann zulässig ist.

Wenn die Politik eine Mehrung der Grünlandfläche anstrebt, sollte dies über das Instrument des Vertragsklima- bzw. Vertragsnaturschutzes geschehen. Die Beiräte halten eine solche Förderung nur innerhalb von Gebietskulissen mit kohlenstoffreichen Böden für sinnvoll. Eine Ausweitung des Grünlands auf Bundesebene könnte mit einer Aufstockung der Wiederkäuerherde einhergehen, was unter Klimaschutzaspekten kritisch sein kann. Bei knappen Mitteln sollten solche Programme daher zunächst in der Schutzgebietskategorie I angeboten werden, da hier der Klimaschutz- und Biodiversitätsnutzen höher ist als an weniger prioritären Standorten.

6.3.5 Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien beschränken

Die Beiräte sehen in dem Anbau landwirtschaftlich basierter Biomasse zum alleinigen Zweck einer energetischen Nutzung (außer bei KUP und in gewissem Umfang Miscanthus) keine sinnvolle Klimaschutzmaßnahme und sprechen sich dafür aus, derzeitige Fördermaßnahmen unter Wahrung eines angemessenen Vertrauensschutzes für bestehende Anlagen abzuschaffen.

6.3.5.1 Förderung der Biokraftstoffe der ersten Generation abbauen (Adressat: Bund)

Die Beiräte lehnen die Fortsetzung der Förderung von Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse vor dem Hintergrund hoher THG-Vermeidungskosten und der Gefahr kontraproduktiver Effekte durch direkte und v. a. indirekte Landnutzungsänderungen ab und begrüßen die Begrenzung des Einsatzes von Biokraftstoffen der ersten Generation im Rahmen der EU-Energiepolitik. Mit Blick

auf die langfristige Transformation des Verkehrssektors wird angeregt, die potenzielle Bedeutung von Biokraftstoffen unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeit und Klimaschutz, weltweiter Ernährungssicherheit, Technologieentwicklung und Wirtschaftlichkeit neu zu bestimmen.

6.3.5.2 Klimaschutzleistung bestehender Biogasanlagen erhöhen, Neuanlagen nur bei Vergärung hoher Anteile von Gülle oder Reststoffen (Adressat: Bund, Länder)

Die Klimaschutzleistung bereits bestehender Biogasanlagen sollte durch nachträgliche, gasdichte Abdeckung der Gärrestlager und einen verstärkten Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Reststoffen auf Kosten des Anteils von Anbaubiomasse gesteigert werden. Die gasdichte Abdeckung der Gärrestlager ist bereits seit 2012 für alle Anlagen Voraussetzung für eine Förderung über das EEG. Die Beiräte empfehlen, notwendige bauliche Veränderungen, etwa durch Investitionszuschüsse über die 2. Säule der GAP, zu fördern, aber nur in Verbindung mit einem „Repowering“ und einer Verlängerung der Laufzeit von Altanlagen. Bund und Länder sollten prüfen, die Investitionsförderung für Stallbauten im Rahmen der GAK bzw. der ländlichen Entwicklungsprogramme dahingehend zu modifizieren, dass für sehr große Stallbauten die Nutzung des Wirtschaftsdüngers in Biogasanlagen Fördervoraussetzung wird. Die Förderbedingungen der GAK müssten dahingehend geändert werden, dass Mischfinanzierungen zwischen EEG und investiver Förderung für den Fall einer Wirtschaftsdüngernutzung und -lagerung in Biogasanlagen erlaubt werden. In dem, laut Entwurf im EEG 2016 vorgesehenen, Ausschreibungsverfahren sollten Mindestgülleanteile als Teilnahmevoraussetzung eingeführt werden. Neue Biogasanlagen sollten nur dann über das EEG gefördert werden, wenn sie mindestens 95 % Masseanteile Gülle einsetzen oder hauptsächlich mit Reststoffen betrieben werden.

6.3.5.3 Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. Kurzumtriebsplantagen) fördern (Adressat: Bund, Länder)

Die Nutzung von Lignocellulose, die z. B. in Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Flächen produziert werden, weist theoretisch ein großes Minderungspotenzial und relativ geringe Vermeidungskosten auf. Die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für KUP ist unter Klimagesichtspunkten auf den dafür geeigneten Standorten¹⁹² aus mehreren Gründen einer Aufforstung vorzuziehen (s. Kap. 6.3.2). Die bisherige Flächennutzung für KUP und insbesondere für Miscanthus ist allerdings vernachlässigbar gering. Gründe liegen u. a. in den unregelmäßigen Zahlungsströmen mit hohen Anfangsinvestitionen, der langfristigen Nutzungsfestlegung sowie mangelnder Anbauerfahrung.

¹⁹² Auf steilen Hanglagen zum Beispiel werden Aufforstungen nach wie vor die bevorzugte Option sein.

Die Beiräte begrüßen es, dass KUP¹⁹³ seit 2011 nicht mehr als Wald definiert sind und dass sie, wie auch Miscanthus, im Rahmen der GAP direktzahlungsfähig sind. Die Anrechenbarkeit von KUP als ökologische Vorrangflächen wird von den Beiräten grundsätzlich ebenfalls begrüßt. Die Beiräte empfehlen dem Bund und den Ländern, die Fördermöglichkeiten für KUP und Miscanthus über die GAK und die ländlichen Entwicklungsprogramme fortzuführen bzw. auszubauen, insbesondere wenn dadurch auch zu anderen Umweltzielen beigetragen wird, z. B. zur Verbesserung des Erosionsschutzes. Gefördert werden sollten auch KUP- bzw. Miscanthus-Netzwerke oder KUP bzw. Miscanthus basierte Wertschöpfungsketten.

Die Vorzüglichkeit von KUP würde weiter steigen, wenn aus dem Holz der KUP Produkte entwickelt werden könnten, die eine längere Lebensdauer haben und kaskadenartig genutzt werden können, also nicht sofort verbrannt würden. Die Beiräte empfehlen, diesbezügliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu fördern.

6.3.6 THG-Vermeidungskosten durch EU-weite Ausschreibungen verringern (Adressat: Bund)

Die Beiräte empfehlen, die großen Unterschiede in den Vermeidungskosten zwischen einzelnen Staaten, Regionen und Betrieben als Chance für die Ausgestaltung einer kosteneffizienten Klimaschutzpolitik zu sehen und durch ein EU-weites Ausschreibungsverfahren für THG-Minderungen nutzbar zu machen.

Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung daher, sich auf EU-Ebene dafür einzusetzen, im Rahmen eines Pilotprojekts ein Ausschreibungsverfahren zum Moorschutz in den nördlichen sowie nordöstlichen EU-Mitgliedstaaten zu testen. In einem solchen Ausschreibungsverfahren könnten sich Mitgliedstaaten und/oder Regionen (z. B. Bundesländer) um zentrale EU-Mittel für den Klimaschutz bewerben. Die Bewerbung erfolgt in Form von Geboten, in denen die antragstellenden Gebietskörperschaften die nach standardisierten Vorgaben zu errechnenden innerhalb eines bestimmten Zeitraumes einzusparenden THG-Emissionen (in Tonnen CO₂-Äq) sowie die damit einhergehenden Kompensationsmittel benennen. Die eingegangenen Gebote werden dann der Höhe nach geordnet, und die günstigsten Gebote erhalten eine Förderung. Eine mögliche Verfehlung der angegebenen Mengenziele müsste mit Sanktionen bewährt werden – etwa, indem die Gebietskörperschaft in der Folgeperiode die Fehlmengen aus eigenen Mitteln zu erbringen hat. Ein solches Vergabeverfahren für zentrale EU-Mittel würde einen Paradigmenwechsel darstellen, da die Mittel nach Effizienzkriterien vergeben würden und die Verteilung damit nicht nach vorgegebenen Verteilungsschlüsseln auf die Mitgliedstaaten erfolgte.

¹⁹³ Mit einer Umtriebszeit bis zu 20 Jahren.

Der Ausschreibungsmechanismus sollte im Rahmen einer Pilotphase erprobt werden. Bei positiver Evaluierung könnte das Bündel zu honorierender Klimaschutzmaßnahmen im Laufe der Zeit schrittweise erweitert und das Ausschreibungsverfahren auf alle Mitgliedstaaten ausgedehnt werden.

Ein auf EU-weiten Ausschreibungen basierendes Vertragsklimaschutzprogramm könnte verschiedene Sparten (z. B. Moorschutz, Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion) umfassen und wäre ein Anreizprogramm mit freiwilliger Teilnahme (*Payments for Climate Change Mitigation - PCCM*). Die Klimaschutzverträge sollten spartenweise EU-weit ausgeschrieben werden. Auf diese Weise kann den großen Unterschieden in den Vermeidungskosten innerhalb der EU Rechnung getragen werden. Zum Beispiel ist die Konservierung und Wiedervernässung von Mooren in den baltischen Staaten derzeit zu deutlich niedrigeren Kosten zu erreichen als etwa in Deutschland. Dies würde sich in den eingereichten Geboten widerspiegeln. Ein Ausschreibungsverfahren würde somit sicherstellen, dass innerhalb der EU Vermeidungsaktivitäten immer zuerst dort realisiert würden, wo dies zu den niedrigsten Kosten möglich ist. Je größer die Kostenunterschiede zwischen Staaten, Regionen und einzelnen land- und forstwirtschaftlichen Betrieben, desto höher ist der Nutzen eines Ausschreibungsverfahrens und desto mehr Klimaschutz kann mit einem gegebenen Budget „eingekauft“ werden. Deshalb ist eine EU-weite Ausschreibung zu empfehlen. Die Implementierung der Maßnahmen in den einzelnen Mitgliedstaaten muss aber standortgerecht, d. h. nach Maßgabe der standörtlichen Verhältnisse des jeweiligen Naturraums, erfolgen.

In welcher Weise die Finanzierung dieser THG-Minderung aus dem EU-Haushalt am besten erfolgen kann, sollte eingehender geprüft werden. Denkbar wäre langfristig z. B. die Einrichtung eines Agrar- und Waldklimafonds. Dieser könnte sich zu großen Teilen aus Mitteln der heutigen 1. Säule der GAP oder aus Einnahmen aus der Versteigerung von Emissionszertifikaten für das ETS speisen (s. Kap. 4.5).

Ein solches EU-weites Ausschreibungsverfahren ist in geeigneter Weise bei der Lastenteilung der EU-THG-Minderungsziele zu berücksichtigen. So könnte die Lastenverteilung auf die Mitgliedstaaten erfolgen, indem im ersten Schritt die sich aus den EU-Minderungszielen ergebende maximale Emissionshöchstmenge der EU um die Menge reduziert wird, die durch das Ausschreibungsverfahren realisiert werden soll. Im zweiten Schritt wäre dann die verbleibende Menge auf die Mitgliedstaaten aufzuteilen. Dies erfordert aber auch, dass die einzelnen Mitgliedstaaten die im Rahmen des Ausschreibungsverfahrens realisierten THG-Minderungen nicht auf ihre nationale Minderungsverpflichtung anrechnen dürfen.

6.3.7 Weitere Empfehlungen

Die Beiräte empfehlen dem Bund und den Ländern, die Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau mit unterschiedlichen Maßnahmen zu befördern, um damit THG-Minderungen zu realisieren. Die generelle Empfehlung, sich auf EU- und internationaler

Ebene für eine an den THG-Emissionen orientierte Besteuerung des Verbrauchs fossiler Energieträger einzusetzen (s. Kap. 6.1.2), würde bei Erfolg zu einer Verbesserung der Energieeffizienz in allen Wirtschaftssektoren, so auch der Land- und Ernährungswirtschaft, beitragen. Maßnahmen im Bereich Information, Beratung und Wissenstransfer, Investitionshilfe für innovative energiesparende Gewächshäuser etc., aber auch freiwillige Selbstverpflichtungsabkommen mit der Landmaschinenindustrie sind hier ebenfalls zu nennen.

Sojaimporte werden in der öffentlichen Diskussion oftmals als klimaschädlich angesehen, und es wird eine Substitution durch im Inland erzeugte Körnerleguminosen gefordert. Aus Sicht der Beiräte ist unter Klimagesichtspunkten weder eine eindeutige Bewertung von Sojaimporten noch eine grundsätzlich positive Bewertung des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland möglich. Somit können diesbezüglich keine generellen Klimaempfehlungen ausgesprochen werden (s. Kap. 5.2.5).

Zur ökologischen Landwirtschaft (s. Kap. 5.2.8, 5.3.11) weisen die Beiräte darauf hin, dass diese in der Regel niedrigere flächenbezogene THG-Emissionen aufweist als die konventionelle Landwirtschaft. Aufgrund der teilweise deutlich niedrigeren Erträge und Leistungen gilt dies nicht generell für die produktbezogenen THG-Emissionen. Deshalb kann die ökologische Landwirtschaft nicht pauschal als Klimaschutzmaßnahme empfohlen werden. Politische Maßnahmen zur Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft aus Gründen des Klimaschutzes erscheinen v. a. dann sinnvoll, wenn zusätzliche Bedingungen/Voraussetzungen wie z. B. leichte Böden oder hoher Grünlandanteil erfüllt und win-win-Effekte mit weiteren Umweltleistungen evident sind. Eine Förderung des Ökolandbaus allein aus Gründen des Klimaschutzes ist angesichts der bisher vorliegenden Daten allerdings nicht begründbar.

Keinen oder keinen substantiellen Beitrag zum Klimaschutz sehen die Beiräte in der Biokraftstoffproduktion und allgemeiner im Anbau landwirtschaftlich basierter Biomasse zum alleinigen Zweck einer energetischen Nutzung (außer bei KUP/Miscanthus) (s. Empfehlung in Kap. 6.3.5).

6.4 Empfehlungen im Bereich des Konsums von Lebensmitteln

Ein wirksamer Klimaschutz erfordert auch merkliche THG-Minderungen im Bereich des Lebensmittelkonsums. Ansonsten würde ein Großteil der Emissionen, die aus einer inländischen Reduktion der Produktion resultieren, in das Ausland verlagert, da die Konsumnachfrage verstärkt über Importe gedeckt würde. Dass Potenziale für THG-Minderungen im Bereich des Lebensmittelkonsums bestehen, hat die Diskussion ausgewählter Maßnahmen in Kapitel 5.3 gezeigt. Gleichzeitig besteht aber auch ein bedeutender Unterschied zwischen Lebensmittelkonsum und anderen Konsumbereichen: Lebensmittelkonsum ist ein existenzielles Grundbedürfnis, sodass hier die Möglichkeiten, den Konsum für Klimaschutzzwecke insgesamt zu reduzieren, begrenzt sind. Da der Ernährung außerdem ein sehr komplexes Verhalten zugrunde liegt, das neben seiner biologisch lebenswichtigen Funktion auch viele soziale Funktionen erfüllt, gibt es nicht die eine wirk-

same Maßnahme zur Veränderung des Ernährungsverhaltens hin zur Minderung von THG-Emissionen. Vielmehr ist ein Bündel von Maßnahmen erforderlich, um eine wirkungsvolle und langfristige Veränderung des Ernährungsverhaltens zu erreichen.

In Kapitel 6.4.1 werden zunächst generelle Empfehlungen zur Ausgestaltung der unterschiedlichen, in Kapitel 5.3 diskutierten expliziten und impliziten Ansätze zur Konsumsteuerung gegeben.

Aufgrund des hohen THG-Einsparpotenzials eines verminderten Konsums tierischer Produkte und einer Reduzierung von Lebensmittelabfällen werden anschließend in den Kapiteln 6.4.2 ff. spezifischere Empfehlungen für diese Maßnahmen gegeben. Auch wird beispielhaft auf die Reduzierung des Konsums von Mineralwasser aus Flaschen eingegangen. Die entsprechenden THG-Einsparmöglichkeiten sind zwar wesentlich geringer als die der zuvor genannten Maßnahmen, im Vergleich mit verschiedenen in der Landwirtschaft möglichen Maßnahmen aber immer noch relevant; gleichzeitig ist die Umsetzung relativ einfach und führt zu weiteren begleitenden positiven Umwelteffekten und für die Konsumenten sogar zu beachtlichen Kosteneinsparungen.

Die weiteren zuvor in Kapitel 5.3 vorgestellten Maßnahmen können zwar zur Verminderung von THG-Emissionen beitragen, allerdings nur unter bestimmten Bedingungen bzw. mit bestimmten Einschränkungen. Einige dieser Maßnahmen, wie die Reduktion von Emissionen durch Konsum regionaler bzw. saisonaler Produkte oder der Konsum frisch zubereiteter Lebensmittel (Kap. 5.3.8-5.3.10), werden zwar von verschiedenen Stellen als geeignete Maßnahmen zur Verminderung von THG-Emissionen für Konsumenten empfohlen (s. Kap 5.3.1), ihr tatsächliches Einsparpotenzial unterliegt aber in Wirklichkeit komplexen und schwer zu quantifizierenden Wechselwirkungen. Sie werden somit von den Beiräten nicht als generell empfehlenswerte Klimaschutzmaßnahmen betrachtet. Auf diese und weitere Maßnahmen, wie die Reduzierung von Emissionen bei der Einkaufsfahrt oder den Verzicht auf Flugware, ist außerdem die generelle Empfehlung der Beiräte anwendbar, sich für eine an den THG-Emissionen orientierte Besteuerung des Verbrauchs fossiler Energieträger einzusetzen (s. Kap. 6.2).

6.4.1 Konsumsteuerung als Politikfeld etablieren

Ohne Veränderung des Konsumentenverhaltens lassen sich die Klimaschutzziele nicht erreichen. Die Beiräte empfehlen Bund und Ländern daher, das Gestaltungsfeld der Konsumsteuerung aktiver zu besetzen und dabei über Informations- und allgemeine Bildungskampagnen hinauszugehen. Hierzu sind multiple Maßnahmen notwendig, zu denen neue Instrumente wie *Nudging* und *Priming* gehören, die bisher noch nicht Teil der deutschen Ernährungspolitik sind.¹⁹⁴ Darüber hinaus sind weitere Maßnahmen mit höherer Eingriffstiefe wie eine Lenkungssteuer notwendig.

¹⁹⁴ Das tägliche Konsumverhalten von Verbraucherinnen und Verbrauchern wird allerdings bereits jetzt durch Marketing und Medien in vielfältiger Weise beeinflusst.

6.4.1.1 Learning-by-Doing-Ansätze nutzen: Multiple Maßnahmen implementieren, empirische Evidenz generieren, neue Steuerungsoptionen nutzen und weiterentwickeln (Adressat: Bund)

Eine zentrale Voraussetzung für die Gestaltung und Umsetzung politischer Programme ist eine Durchbrechung des Patt-Situations-Zyklus (s. Kap. 4.8). Wünschenswerte Beispiele für in diese Richtung zielende Forschungen sind etwa das *Behavioral Insight Team* (BIT), initiiert durch die britische Regierung, und die „*Social and Behavioral Sciences Initiative*“, initiiert 2015 in den USA von Präsident Obama als „*Executive Order*“.

Die Beiräte empfehlen die Implementierung vielfältiger Maßnahmen, um einen klimafreundlicheren Lebensmittelkonsum zu erreichen. Strategien, die Ansätze wie Informationsdarbietung und Aufklärung, die Veränderung der Wahlmöglichkeiten für die Konsumenten, Veränderung der Gemeinschaftsverpflegung, Preispolitik (inkl. fiskalische Instrumente) und Innovationsförderung einschließen, erreichen in ihrer Wirkung mehr als die Summe ihrer einzelnen Teile. Neben der Notwendigkeit, empirische Evidenz zur Wirksamkeit von verfügbaren Maßnahmen zur Konsumveränderung zu generieren, gilt es außerdem, neue Maßnahmen zu entwickeln, diese gezielt zu implementieren (z. B. in ausgewählten Modelleinrichtungen oder -regionen) und systematisch zu evaluieren. Diese „*Learning-by-Doing*“-Ansätze können insbesondere belastbare Daten zur langfristigen Wirksamkeit von Maßnahmen in verschiedenen Bevölkerungsgruppen generieren, auf deren Grundlage staatliche Maßnahmen implementiert und weiterentwickelt werden können. So kann der Patt-Situations-Zyklus durchbrochen werden. Vor diesem Hintergrund empfehlen die Beiräte dem Bund, Ernährungspolitik, die auch die Klimarelevanz des Konsums von Lebensmitteln thematisiert, im Sinne eines Learning-by-doing-Ansatzes zu gestalten.

6.4.1.2 Konsumenten verständlich und motivational wirksam über klimafreundliches Ernährungsverhalten informieren (Adressat: Bund, Länder)

Studien zeigen, dass in der Bevölkerung bisher Wissen und Aufmerksamkeit hinsichtlich der Relevanz von Ernährung für den Klimawandel sehr begrenzt entwickelt sind. Die Bürger bringen Klimawandel mit Themenfeldern wie Energiewende, Gebäudedämmung und Mobilität bzw. Transport in Verbindung, jedoch nur selten mit ihrem persönlichen Ernährungsstil. Wenn überhaupt, dann werden eher Assoziationen zu Lebensmitteln aus ökologischer Landwirtschaft oder regionalen Produkten hergestellt, obwohl diese Produkte nur einen vergleichsweise kleinen Klimabeitrag leisten können (s. Kap. 5.3.8, 5.3.11, 6.3.7). Die zentrale Bedeutung des Konsums tierischer Produkte ist kaum präsent.

Gleichzeitig ist die grundsätzliche Präferenz der Verbraucher für Produkte mit niedriger Klimabelastung (s. Kap. 4.8.1.2) eine gute Voraussetzung zur Steuerung von Ernährungsweisen mit geringeren THG-Emissionen: Konsumenten, die sich bewusst klimafreundlich ernähren wollen, brau-

chen verlässliche und verständliche Informationen darüber, wie sie durch ihr Ernährungsverhalten zur Einsparung von THG-Emissionen beitragen können. Letzteres ist in vielen Fällen jedoch derzeit nicht gegeben (s. Kap. 5.3.1).

Obwohl die Beiräte die Wirksamkeit einer einseitigen Konzentration auf explizite Informationsappelle als alleinige Strategie zur Steuerung des Konsumentenverhaltens kritisch beurteilen, können Informationsappelle im Prinzip sehr effektiv sein (s. Kap. 4.8.1.1). Die Beiräte empfehlen daher dem Bund und den Ländern, den Verbrauchern entsprechende Informationen zu klimafreundlicher Ernährung zur Verfügung zu stellen, vorhandene Vorschläge zu bündeln und aufzuzeigen, wo für den einzelnen Verbraucher die größten THG-Reduktionspotenziale im Bereich der Ernährung liegen.

Obgleich die Bewertung der Informationsdarbietung als geeignetes Instrument differenziert erfolgen muss (s. Kap. 4.8.1), sollten die Informationen nach ihrer Relevanz, Verständlichkeit und Nützlichkeit für den Verbraucher ausgewählt und zielgruppenspezifisch aufbereitet werden. Zu unterscheiden ist zwischen

- Kampagnen, die auf die Veränderung von ernährungs- und konsumbezogenen Wahrnehmungen abzielen: Wichtig ist hier der nichtpersuasive Charakter der Informationsselektion und -darbietung. Ziel ist es, relevante Information für die Verbraucher verständlich darzustellen, um akkurate Einschätzungen und informierte Entscheidungen zu ermöglichen. Welche Entscheidungen oder Verhaltensweisen die Verbraucher letztlich wählen, liegt hiermit in ihrem persönlichen Ermessen.
- Kampagnen, die auf eine Verhaltensänderung abzielen: Eine Verbesserung des Wissensstandes führt nicht zwangsläufig auch zu einer Veränderung des Verhaltens. Bei Kampagnen, die auf eine Verhaltensänderung abzielen, erfolgt die Informationsselektion und -darstellung persuasiv. Es sollten nicht nur Sachinformationen, sondern auch emotional wirksame Informationen wie z. B. Furchtappelle, die Wissen über und Furcht vor Risiken induzieren, dargeboten werden. Ferner sind Informationen mit einem hohen Selbstbezug (also etwa Informationen hinsichtlich von Auswirkungen auf die eigene Gesundheit, aber auch hinsichtlich von Auswirkungen auf Dinge, Personen oder Wesen, die der angesprochene Zielgruppe wichtig sind) motivational wirksam. Informationen sollten nach Verhaltensrelevanz selektiert sowie einfach und verhaltensrelevant kommuniziert werden. Positiv wirkt es, möglichst einfache, realistische Verhaltensregeln als Einstiegsmöglichkeiten anzubieten.

6.4.1.3 Machbarkeit von „Klima-Labels“ prüfen (Adressat: Bund, Länder, Wirtschaft)

Die Umsetzung eines zielführenden CO₂-Footprint-Labels schätzen die Beiräte aufgrund der vielfach fehlenden Voraussetzungen und hohen Transaktionskosten (s. Kap. 4.8.1.2) in den nächsten Jahren als nicht realistisch ein, zumal ein Klimalabel idealerweise in ein Dachlabel integriert wer-

den sollte, um in überschaubarer Weise auch Informationen über andere Produktmerkmale (wie z. B. Tierwohl) vermitteln zu können. Dies wurde bereits in früheren Gutachten (WBVE und WBA 2010) ausführlich dargelegt.

Ein CO₂-Footprint-Label würde erhebliche politische und auch privatwirtschaftliche Investitionen in den Bereichen Forschung, internationale Normierung der Systemgrenzen und Berechnungsregeln sowie in den Aufbau von Datenbanken voraussetzen. Tatsächlich besteht noch erhebliche Unklarheit darüber, welcher grundsätzliche Ansatz für landwirtschaftliche Produkte geeignet ist (standardisierte Durchschnittswerte für bestimmte Produktionsformen vs. Messung im individuellen landwirtschaftlichen Betrieb, s. Kap. 4.8.1.2). Das Bundesministerium sollte daher die Möglichkeiten für ein CO₂-Footprint-Label in weiteren Forschungs- und Demonstrationsprojekten prüfen.

Da produktbezogene Informationen für die interessierte Bevölkerung und zur Steigerung des Themeninteresses aber wichtig sind, sollte alternativ zu einem CO₂-Footprint-Label für den Lebensmittelbereich über ein staatliches Positivlabel für vergleichsweise besonders klimafreundliche Lebensmittelgruppen nachgedacht werden. Mit dem „Blauen Engel“ liegt ein solches Positivlabel dem Konzept nach vor. Es wird aber derzeit nicht für Lebensmittel genutzt. Zudem fehlt es an einer klaren Marketingunterstützung des Zeichens, das zwar vielen Verbrauchern grundsätzlich bekannt ist, dem es aber an Profil fehlt und das administrativ dem komplexen Lebensmittelmarkt mit seiner hohen Produktvielfalt nicht gerecht wird. Ein grundsätzlicher Relaunch des „Blauen Engels“ zu einem starken Klimaschutzzeichen wäre vor diesem Hintergrund zu prüfen.

6.4.1.4 Kontexte schaffen, die klimafreundliche Ernährung begünstigen: Nudging und Priming als Mittel für eine klimafreundlichere Ernährung nutzen (Adressat: Länder, Kommunen, Wirtschaft)

Zu Instrumenten, die durch eine Veränderung von Kontexten und Situationen eine Verhaltensänderung bewirken wollen, ohne dass eine explizite Regulierung auf Seiten der Verbraucher erfolgen muss, zählen *Nudging* und *Priming* (s. Kap. 4.8.2). Eine Veränderung der Umwelt durch *Nudging* (z. B. Veränderung der Mahlzeitauswahl; Positionierung von Lebensmitteln, Verpackungsgestaltung, Portionsgrößen) sowie die Verknüpfung mit positiven Anreizen („Priming“) haben sich in verschiedenen Studien als wirksam erwiesen. Diese Ansätze sollten in Zukunft verstärkt für die Steigerung der Attraktivität von Produkten mit geringeren THG-Emissionen verwendet werden.

Diese Ansätze lassen sich gezielt in der Gemeinschaftsverpflegung umsetzen und bieten auch Ansatzpunkte für den Lebensmitteleinzelhandel. Hier wäre von politischer Seite aus eine Unterstützung von Vorreitern wünschenswert.

Beispielsweise könnten zunächst Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung z. B. durch finanzielle Förderung oder Beratung dabei unterstützt werden, die Mahlzeitauswahl dahingehend zu verändern, dass klimafreundliche Mahlzeiten die Standardvariante darstellen. Für Gerichte, die mit höheren CO₂-Emissionen verbunden sind (z. B. fleisch- oder käselastige Gerichte), müssen „zusätzliche Anstrengungen“ unternommen werden („opt-out“, s. Kap. 4.8.2). Dies könnte z. B. in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung so aussehen, dass Fleischgerichte an einem weniger zugänglichen Ort der Kantine/Mensa angeboten werden. Die Empfehlung richtet sich vornehmlich an die Länder (z. B. Mensen in Universitäten) und Kommunen (Schul- und Kitaverpflegung).

6.4.2 Konsum tierischer Produkte reduzieren (Adressat: Bund, Länder)

Tierische Produkte sind ein wichtiger Bestandteil einer gesundheitsfördernden Ernährung. Die Beiräte sehen allerdings eine Reduzierung des Verzehrs tierischer Produkte bei denjenigen, deren Verbrauch deutlich über den ernährungswissenschaftlich basierten Empfehlungen der DGE liegt, als eine wesentliche Stellschraube zur Reduktion von THG-Emissionen an. Dazu ist ein umfassender Instrumenten-Mix notwendig.

6.4.2.1 Informationskampagnen schärfen und überarbeiten (Adressat: Bund)

Die Beiräte empfehlen eine Schärfung und Weiterentwicklung bestehender Informationskampagnen im Bereich gesundheitsfördernder Ernährung (vgl. etwa die BMEL-Kampagnen „INFORM“; BMELV und BMG 2008). Wie für andere Kampagnen empfehlen die Beiräte dem BMEL die Einrichtung verlässlicher Monitoring- und Evaluierungssysteme, um die Effektivität der Informationskampagnen zu messen und auf evtl. unvorhergesehene Effekte reagieren zu können.

Auch könnten pflanzliche Eiweiße stärker im Fokus von entsprechenden Kommunikationsstrategien stehen. Generell sollte hier Information mit dem Ziel der Verhaltensänderung dargeboten werden (vgl. Kap. 4.8.1.1). Daher sollten – zielgruppenspezifisch – auch emotionale und Selbstbezüge hergestellt werden. Hierzu kann auch auf mögliche Synergien zwischen einer Verringerung des Konsums tierischer Produkte und – neben Klimaschutz – auch anderen Aspekten, wie dem Tierschutz, abgestellt werden. Obwohl kein Zweifel am starken Zusammenhang zwischen einem verringerten Konsum tierischer Produkte und der Reduzierung von THG-Emissionen besteht, sind die Zusammenhänge komplex. Dies erfordert, bei der Darbietung von Informationen abzuwägen zwischen Einprägsamkeit und ausreichender Differenziertheit, um einen möglichst breiten Ausschnitt der Bevölkerung erreichen zu können. Deutlich werden sollte insbesondere, dass es nicht darum geht, vollständig auf Fleisch oder sogar alle tierischen Produkte zu verzichten, sondern um eine Reduktion des Konsums auf ein ernährungsphysiologisch ausgewogenes Maß. Dabei können Synergien zu positiven Gesundheitseffekten hervorgehoben werden.

Um die große Relevanz der Ernährungsweise für den Klimaschutz möglichst deutlich hervorzuheben, sollten auch Massenmedien in die Kommunikationsstrategien eingebunden werden. Auch die Einbindung von Personen des öffentlichen Lebens als Werbeträger für einen verringerten Fleischkonsum bildet eine wichtige Möglichkeit. Allerdings sollten die Personen auf die Zielgruppe Bezug nehmen und jegliches Moralisieren vermeiden. Dies ist z. B. bei der Veggie-Day-Initiative von Bündnis 90/Die Grünen nicht geschehen, was nicht nur zu einem Scheitern der Initiative geführt hat, sondern auch dazu, dass seitdem fast jeder in eine ähnliche Richtung gehende Vorschlag von vornherein als zum Scheitern verurteilt angesehen wird. Dabei gibt es sehr wohl Beispiele für über Jahre hinweg erfolgreiche Initiativen (s. z. B. The Monday Campaigns (2013), aber auch Initiativen in verschiedenen deutschen Städten).

6.4.2.2 Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen (Adressat: Länder, Kommunen)

Die öffentliche Gemeinschaftsverpflegung kann für eine Ernährung nach den DGE-Empfehlungen eine Vorreiterrolle einnehmen (s. a. Kap. 6.4.5), da sie die Möglichkeit bietet, neben expliziten Ansätzen (z. B. Informationen, Labels, Anreize: vgl. Kap. 4.8.1) über die Veränderung von Kontexten und Situationen (z. B. die Reihenfolge, in der fleischhaltige und fleischarme bzw. vegetarische Mahlzeiten an Ausgabetheken angeboten werden) das Verhalten von Verbrauchern zu verändern (sogenannte implizite Ansätze: vgl. Kap. 4.8.2, 6.4.1.4). Je nach Zuständigkeitsbereich sind hier die Länder bzw. die Kommunen gefordert. Um die notwendige deutliche Verbesserung der Verpflegungssituation umsetzen zu können, benötigen Kommunen (z. B. Schule) und Länder (Hochschulen, Studentenwerke) allerdings eine entsprechende Unterstützung (Finanzmittel und Beratung).

6.4.2.3 Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte abschaffen und sozialpolitisch flankieren (Adressat: Bund)

Bisher spiegelt sich die Tatsache, dass die Produktion bestimmter Lebensmittel mehr THG-Emissionen pro Kalorie bzw. pro Gramm Protein bewirkt als andere, nicht im Marktpreis dieser Lebensmittel wider. THG-Emissionen stellen in diesem Sinne eine negative Umweltexternalität dar. Folgerichtig wäre es aus theoretischer Perspektive, Güter im Rahmen einer Klimasteuer auf Basis ihrer jeweiligen produktspezifischen THG-Emissionen zu besteuern. Wie in Kapitel 4.7.1 diskutiert, hat sich jedoch der wissenschaftlich auf den ersten Blick überzeugende Ansatz eines *Carbon-Footprints* auf Basis eines *Life-Cycle-Assessments* in den vergangenen Jahren als ausgesprochen komplex und für den Lebensmittelbereich derzeit kaum durchführbar erwiesen. Damit fehlt die empirische Grundlage für eine differenzierte Klimasteuer. Da die Produktion tierischer Lebensmittel allerdings im Vergleich zu pflanzlichen im Durchschnitt höhere produktspezifische THG-Emissionen pro Kalorie bzw. pro Gramm Protein bewirkt, empfehlen die Beiräte der Bundesregierung, für tierische Produkte bei der Mehrwertbesteuerung den Regelsteuersatz und nicht

den reduzierten Satz anzuwenden. Dadurch würde sich der Mehrwertsteuersatz für tierische Produkte von 7 auf 19 % erhöhen, was für den Verbraucher eine Preiserhöhung um ca. 11,2 % bedeuten würde. Bei durchschnittlichen Ausgaben privater Haushalte für den Konsum tierischer Produkte im Haushalt in Höhe von rund 100 €/Monat (s. Kap. 4.2.3, Tab. 4.1) ergäben sich bei unveränderter Konsumstruktur Mehrkosten je Haushalt von 11 €/Monat und Haushalt.¹⁹⁵ Bei einer produktspezifischen Eigenpreiselastizität der Nachfrage von ca. -0,2 würde die nachgefragte Menge um ca. 2 bis 3 % zurückgehen, bei einer Elastizität nahe -1 um ca. 10 % (s. Kap. 4.2.3).

Neben der direkten Lenkungswirkung kann von dieser Maßnahme eine deutliche kommunikative Wirkung ausgehen. Dafür und damit die Maßnahme möglichst wenig Reaktanz hervorruft, sollte sie – auch kommunikativ – in ein umfassendes Maßnahmenbündel zu klimafreundlichem Konsum eingebettet werden (vgl. Kap. 6.4.1). In diesem Zusammenhang kann betont werden, dass es sich nicht um eine zusätzliche Steuer, sondern um eine Aufhebung einer bisherigen Steuervergünstigung handelt. Da Konsumsteuern besser akzeptiert werden, wenn der Name der Steuer den gesellschaftlichen Zweck klar zum Ausdruck bringt, ist auch eine entsprechende Bezeichnung der Maßnahme von Bedeutung.

Eine Aufhebung der Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes für tierische Produkte wirkt sich insbesondere auf einkommensschwache Bevölkerungsteile aus, da diese einen größeren Teil ihres verfügbaren Einkommens für Lebensmittel aufwenden (müssen). Dass es in Deutschland bestimmte einkommensschwache Personengruppen gibt, bei denen nichtgesundheitsfördernder Lebensmittelkonsum besonders oft beobachtet werden kann, hat multikausale Ursachen. Eine Aufhebung der Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes trägt zu einer gewissen Verschärfung dieses Problems bei. In dem Bewusstsein, dass eine soziale Flankierung diese Verschärfung abpuffern, nicht jedoch das Grundproblem beseitigen kann, empfehlen die Beiräte der Bundesregierung, die Aufhebung der Reduzierung des Mehrwertsteuersatzes sozial zu flankieren. Dazu gehört notwendig eine Anpassung des für Lebensmittel angesetzten Budgets im Rahmen sozialer Transferleistungen, insbesondere des Hartz-IV-Regelbedarfs. Weiterhin empfehlen die Beiräte die Einführung einer kostenlosen Kita- und Schulverpflegung zu prüfen, auch grundsätzlich im Hinblick auf die Steuerung hin zu einer nachhaltigen Ernährung, die langfristig von einer qualitativ hochwertigen Verpflegung von Kindern aufgrund positiver Gewöhnungseffekte befördert wird. Es ist zu erwarten, dass bei einer kostenlosen Verpflegung der Anteil insbesondere sozial schwacher Kinder steigt, die an der Kita- und Schulverpflegung teilnehmen. Insofern gleichzeitig die von den Beiräten empfohlene verpflichtende Einführung von DGE-Standards für die öffentliche Gemeinschaftsverpflegung umgesetzt wird (vgl. Kap. 6.4.5), kann dies zu positiven gesundheitlichen Auswirkungen beitragen. Wenn darüber hinaus auf eine ansprechende Präsentation und einen angemessenen Umgang (genug Zeit, gemeinsame Mahlzeiten etc.) geachtet wird, kann diese Maßnahme außerdem dazu beitragen, Kinder und Jugendliche zu einem wertschätzenden Um-

¹⁹⁵ Bei Berücksichtigung des Außer-Haus-Verzehrs tierischer Produkte lägen die Mehrkosten geringfügig höher.

gang mit Lebensmitteln zu erziehen und so langfristig zu einer Reduktion von Lebensmittelabfällen beitragen (vgl. Kap. 6.4.3). Die Beiräte geben zu bedenken, dass diese sozialen Flankierungen solche einkommensschwachen Personengruppen, die weder Transferleistungen empfangen noch Kinder im Kindergarten- bzw. schulpflichtigen Alter betreuen, nicht erfassen. Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung zu prüfen, ob und wie es möglich ist, negative Wirkungen einer Aufhebung der Mehrwertsteuervergünstigung sowie einer eventuellen zukünftigen differenzierten Klimasteuer auf Lebensmittel auch hinsichtlich dieser Personengruppen sozial zu flankieren. Dazu gehört beispielsweise eine Anpassung der Besteuerung unterer Einkommensgruppen.

6.4.3 Weniger Lebensmittel wegwerfen (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)

Nach der Reduktion des Verzehrs tierischer Produkte weist die Reduktion von Lebensmittelabfällen das zweithöchste THG-Minderungspotenzial im gesamten Bereich „Konsum von Lebensmitteln“ auf, wobei das Minderungspotenzial beider Maßnahmen auch in enger Verbindung zueinander steht. Die Beiräte geben daher die klare Empfehlung an die Bundesregierung, Initiativen und Programme zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen beizubehalten und weiterzuentwickeln. Eine sekundäre energetische Verwendung von Lebensmittelabfällen stellt eine sehr ineffiziente Nutzung von Lebensmitteln dar und ist somit keine hinreichende Alternative zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen.

Eine wichtige Ursache der heutigen umfangreichen Lebensmittelabfälle liegt an den im Verhältnis zum Einkommen, aber auch zu den Opportunitätskosten der Zeit (mit Wohlstandsniveau steigend) immer billiger werdenden Lebensmitteln und der damit einhergehenden abnehmenden Wertschätzung. Verschiedene Umfragen deuten allerdings darauf hin, dass die Relevanz der Reduzierung von Lebensmittelabfällen großen Teilen der Bevölkerung durchaus bewusst ist. Auch haben Untersuchungen gezeigt, dass mit relativ einfachen Maßnahmen im Bereich der Küchenplanung (Verwendung von Einkaufszetteln) und durch Sensibilisierung wesentliche Abfallreduktionen erzielt werden könnten. Das Potenzial von Informationsmaßnahmen hinsichtlich der Reduktion von Lebensmittelabfällen ist bei dieser Maßnahme also vergleichsweise hoch.

Die Beiräte begrüßen somit prinzipiell Informationskampagnen wie „Zu gut für die Tonne“, mit denen die Verbraucher für die Abfallproblematik sensibilisiert und auf Reduktionsmöglichkeiten hingewiesen werden (BMEL 2015c). „Zu gut für die Tonne“ stellt ein Beispiel dafür dar, wie über vermenschlichende Bilder von Lebensmitteln auch ein emotionaler Bezug zu potenziellen Lebensmittelabfällen hergestellt werden kann. Allerdings wird für die Lebensmittelreste ein eher negatives Image geschaffen, da sie „traurig“ bzw. „bemitleidenswert“ dargestellt werden. Eine Initiative, bei der positive Assoziationen geschaffen würden, wäre ggf. noch zielführender. Um die Wirksamkeit solcher Einzelmaßnahmen zu erhöhen, wären Kombinationen mit anderen Maßnahmen (z. B. in der Gemeinschaftsverpflegung) sowie mit einer „*Learning-by-doing*-Strategie“

erforderlich, die aufgrund begleitender Evaluierung eine Verbesserung der Maßnahmen im Zeitablauf erlaubt.

Vielen Verbrauchern ist oft nicht bewusst, dass es sich beim Mindesthaltbarkeitsdatum – anders als beim Verbrauchsdatum – nicht um ein Verfallsdatum handelt. Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung, Verbraucher hierüber durch Informationskampagnen verstärkt aufzuklären. Eine generelle Abschaffung des Mindesthaltbarkeitsdatums halten die Beiräte nicht für sinnvoll, da es durchaus ein wertvolles Instrument zur Gewährleistung von Lebensmittelsicherheit und -qualität ist.

Die Beiräte empfehlen den jeweiligen Trägern, eine Reduktion von Lebensmittelabfällen auch im Rahmen der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung anzustreben (s. a. Kap. 6.4.5). Insbesondere in Kinder- und Jugendeinrichtungen sollte darüber hinaus auf eine ansprechende Präsentation und einen angemessenen Umgang (genug Zeit, gemeinsame Mahlzeiten etc.) geachtet werden, um so Kinder und Jugendliche zu einem wertschätzenden Umgang mit Lebensmitteln zu erziehen. Dies kann u. a. dazu beitragen, dass sie im Erwachsenenalter einen Umgang mit Lebensmitteln pflegen, der weniger vermeidbare Lebensmittelabfälle generiert.

Für öffentliche Ausschreibungen von Cateringaufträgen empfehlen die Beiräte, dass Anbieter ein zertifiziertes Abfallmanagementsystem vorweisen müssen.

6.4.4 Auch andere Lebensmittel durch klimafreundlichere ersetzen: Leitungs- statt Mineralwasser trinken (Adressat: Bund, Länder, Kommunen)

Diese Empfehlung wird beispielhaft aufgeführt, da sie relativ leicht für die Konsumenten umsetzbar ist. Auch wenn das THG-Reduktionspotenzial des Umstiegs von Mineral- auf Leitungswasser deutlich geringer ist als das der Anpassung der Ernährung an die DGE-Standards sowie der Vermeidung von Lebensmittelabfällen, weist diese Empfehlung im Vergleich mit verschiedenen in der Landwirtschaft möglichen Maßnahmen ein relativ hohes THG-Emissionsreduktionspotenzial auf. Darüber hinaus spart der Verbraucher bei der Realisierung der Maßnahme Kosten (Mineralwasser: 0,30 bis 1,30 €/l, Leitungswasser 0,2 Cent/l), Zeit (für den Einkauf), und er braucht das Wasser nicht in seine Wohnung zu transportieren. Die Beiräte empfehlen der Bundesregierung, eine entsprechende Informationskampagne mit dem Ziel der Verhaltensänderung durchzuführen. Die Informationskampagne sollte die genannten Synergieeffekte aufgreifen und ein Gegenbild zu der teilweise stark emotional geleiteten Mineralwasserwerbung entwickeln.

Im Bereich der Gemeinschaftsverpflegung und in öffentlichen Gebäuden wie Ämtern empfehlen die Beiräte, das Aufstellen von Trinkbrunnen (leitungsgebundene Wasserspender) verpflichtend einzuführen, sodass diese von den zuständigen Bauämtern grundsätzlich mit einzuplanen sind.

Eine entsprechende Empfehlung ließe sich auch an anderen öffentlichen Orten wie Flughäfen, Bahnhöfen oder Stadien gut umsetzen.

6.4.5 Mit der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung eine Vorreiterrolle einnehmen (Adressat: Kommunen, Länder, Bund)

Durch die Steuerung des Angebots in der Gemeinschaftsverpflegung lässt sich der Fleischverzehr reduzieren und der Verzehr an Obst, Gemüse und Getreideprodukten bzw. Hülsenfrüchten steigern. Die Förderung einer größeren Auswahl an Lebensmitteln ohne Fleisch bzw. Molkereiprodukten wird als vielversprechende Maßnahme zur Steuerung des Konsumverhaltens angesehen. Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung eignen sich in besonderer Weise zur weiteren Erprobung dieser Maßnahmen. Hier gewonnene Erfahrungen könnten dann auch vermehrt in anderen, weniger steuerbaren Bereichen der Lebensmittelversorgung angewendet werden (z. B. in Supermärkten). Gleichzeitig lassen sich durch geeignete Maßnahmen in der Zubereitung der Mahlzeiten (Festlegung von Portionsgrößen, Just-in-time-Produktion, chargenweise Ausgabe) Lebensmittelabfälle reduzieren. Darüber hinaus bietet sich die Installation von leitungsgebundenen Trinkwasserspender an.¹⁹⁶

Die Beiräte empfehlen, in der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung in Leistungsverzeichnissen und Ausschreibungen die Einhaltung der DGE-Qualitätsstandards verbindlich zu machen, die Vorlage eines Abfallmanagementkonzepts verpflichtend einzuführen, um eine deutliche Reduktion von Lebensmittelabfällen zu erreichen, und die Installation von leitungsgebundenen Trinkwasserspender vorzuschreiben. Adressaten für eine entsprechende Umsetzung sind im Schulbereich die Schul- bzw. Sachaufwandsträger der Gemeinden oder Kreise, im Kitabereich die Kitaträger.

In der Gemeinschaftsverpflegung bieten sich auch besonders gute Möglichkeiten für eine Veränderung von Auswahlbedingungen („Nudging“), um innerhalb der nach DGE-Qualitätsstandard verbesserten Angebote gesunde und klimafreundliche Varianten zu fördern (Platzierung, Information etc.). Hierzu bedarf es einer entsprechenden Planung und Präsentation der Speisen in der Ausgabe und einer Anleitung und eines Trainings der Anbieter.

Unternehmen in der Privatwirtschaft sollten hier ebenfalls tätig werden, indem klimafreundliche Mahlzeiten im Rahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung besonders günstig angeboten werden. Auch Kranken- und Pflegekassen sollten einen Beitrag leisten, indem sie in Krankenhäusern und Einrichtungen der Altenpflege Vorteile bei der Bemessung des Tagessatzes für eine entsprechend klimafreundlichere Verpflegung einräumen.

¹⁹⁶ Bei diesen Modellen kann das Wasser auch gekühlt und mit CO₂ versetzt werden.

6.4.6 Weitere Empfehlungen

Die Beiräte empfehlen dem Bund, sich zur Reduzierung von Emissionen bei der Einkaufsfahrt für eine an den THG-Emissionen orientierte Besteuerung des Verbrauchs fossiler Energieträger einzusetzen (s. Kap. 6.1.2). Wenn hierbei auch Kerosin einbezogen würde, könnte dies zu einer Reduzierung des Konsums von Lebensmitteln beitragen, die mittels Flugzeugen transportiert werden (Flugware). Zudem wäre eine solche Besteuerung für den Klimaschutz zielführender als eine explizite Förderung der Konsums regionaler Produkte. Nach Ansicht der Beiräte kann nicht verallgemeinernd konstatiert werden, dass der Konsum regionaler Lebensmittel unter Klimagesichtspunkten *per se* besser abschneidet als der Konsum von Lebensmitteln, die nicht in der Region des Konsumenten erzeugt wurden. Ein klares Potenzial zur Reduktion von THG-Emissionen durch regionale Produkte besteht nur bei wenigen Produkten, z. B. bei Getränken.

Die Beiräte raten davon ab, den Konsum frisch zubereiteter Lebensmittel als eine generelle Klimaschutzmaßnahme zu empfehlen. Durch das Verhalten in den Haushalten (z. B. Lagerung in energieeffizienten Kühlschränken) ergeben sich höhere THG-Einsparpotenziale als durch die kategorische Favorisierung einer bestimmten Angebotsform von Lebensmitteln. Auch der Konsum von Bio- bzw. Ökolebensmitteln ist nicht als Klimaschutzmaßnahme zu empfehlen. Ein vermehrter Konsum von Biolebensmitteln führt nur indirekt zu verminderten THG-Emissionen, wenn preisbedingt gleichzeitig der Konsum grundsätzlich verringert wird und/oder veränderte Konsummuster damit einhergehen (z. B. verringerter Fleischkonsum).

6.5 Empfehlungen im Bereich Forstwirtschaft und Holzverwendung

Die Klimaschutzleistung des Forst- und Holzsektors basiert v. a. auf dem Erhalt und Ausbau der Kohlenstoffspeicherkapazität von produktiven Wäldern sowie auf einer effizienten Nutzung von Holz, insbesondere durch die Bindung von Kohlenstoff in langlebigen Holzprodukten, und die damit verbundenen Substitutionseffekte. Die Maßnahmen im Forst- und im Holzsektor sind miteinander verknüpft und können in positiver und negativer Wechselwirkung zueinander stehen. So hängt z. B. das Potenzial für die Herstellung langlebiger Holzprodukte von den im Wald erzeugten Holzarten, -sorten, und -qualitäten ab.

Der Beitrag des Forst- und Holzsektors zum Klimaschutz ist letztendlich von der Gesamtbilanz unter Berücksichtigung der indirekten Effekte abhängig. Bei einer unabhängigen und unverändert hohen Nachfrage nach Holz würde sich eine substantielle Steigerung der inländischen Holzverwendung oder eine Verringerung der heimischen Holznutzungen zur Erhöhung der CO₂-Speicherung im Wald auf globaler Ebene negativ auswirken, wenn dies zu Importen von Holz führen würde, dessen Klimabilanz schlechter ist als die des inländischen Holzes. Die hier vorgestellten Maßnahmen betrachten Waldbewirtschaftung und Holzverwendung als ein Gesamtsystem, weil allein waldbezogene Empfehlungen zu kurz greifen und zu falschen Schlussfolgerungen verleiten würden.

Ob und welche forstwirtschaftlichen Maßnahmen eingesetzt werden, muss unter Beachtung der verschiedenen Waldfunktionen entschieden werden. In diesem Gutachten werden Empfehlungen mit Blick auf die Klimaschutzziele gegeben. Zielkonflikte zwischen Maßnahmen des Klimaschutzes sowie der Erfüllung der anderen Waldfunktionen wurden unter den jeweiligen Maßnahmen diskutiert (s. Kap. 5.4) und sind in den Empfehlungen berücksichtigt, werden in diesem Kapitel aber nicht mehr vollständig thematisiert.

Im Gegensatz zur Ausgangslage in der Landwirtschaft tritt die Forstwirtschaft insgesamt nicht als Verursacher von Treibhausgasen in Erscheinung. Daher bieten sich in diesem Sektor zur Erhöhung der Klimaschutzleistung vorwiegend solche politischen Instrumente an, die Anreize für Waldbesitzer schaffen, ihre Bewirtschaftung entsprechend auszurichten. Allerdings sind die bestehenden Fördermöglichkeiten im Bereich der Waldwirtschaft sehr viel begrenzter als in der Landwirtschaft. Das schränkt die Wahl möglicher politischer Anreizinstrumente deutlich ein. Vor diesem Hintergrund bietet der Waldklimafonds die große Chance, den Umfang und die Wirksamkeit freiwilliger Instrumente zu erhöhen. Der Waldklimafonds sollte daher nicht nur unbedingt weitergeführt, sondern auch langfristig ausgebaut werden.

Ordnungsrechtliche Instrumente, wie z. B. die Einführung von Bewirtschaftungsstandards durch eine gute fachliche Praxis, erscheinen für eine Verstärkung des Klimaschutzes wenig zielführend. Zum einen werden forstliche Praktiken, die sich klimaschädlich auswirken können (z. B. Kahlschläge, Bodenstörungen) bereits durch Regelungen in Waldgesetzen und Zertifizierungssystemen abgedeckt. Durch letztere sind schon mehr als 80 % der deutschen Waldfläche erfasst. Zum anderen steigen die Erfolgsaussichten, wenn die in diesem Gutachten herauszuarbeitenden Mechanismen sowohl dem Klimaschutz als auch dem Eigeninteresse der Waldbesitzer dienen, wie die Erhaltung produktiver, vorratsreicher Wälder, eine nachhaltig hohe Nutzung von Holz für langlebige Produkte oder der Bodenschutz.

6.5.1 Produktive Wälder sichern und nachhaltig nutzen

6.5.1.1 Anbau von angepassten und produktiven Baumarten fördern (Adressat: Bund, Länder, Zertifizierungssysteme)

Angesichts des Ausmaßes und der aktuellen und zu erwartenden Geschwindigkeit des Klimawandels bedarf es in den kommenden Jahrzehnten großer Anstrengungen, Baumarten und deren Provenienzen zu identifizieren, zu fördern und zu etablieren, die langfristig „klimastabil“ bzw. hinreichend „klimaplastisch“ sind. Abgesehen von Zwangsstandorten und den sich durch den Klimawandel abzeichnenden Grenzstandorten gibt es bei der Baumartenwahl in der Regel nicht nur eine Lösung, sondern meist mehrere Anbaualternativen. Diese schließen auch einige anbauwürdige und ökologisch zuträgliche, eingeführte Baumarten mit ein. Bezieht man auch die Holzprodukte, ihre jeweilige Verweildauer im Wirtschaftskreislauf und die Substitutionseffekte mit ein, so fallen die Kohlenstoffbilanzen eindeutig zugunsten der produktiven Nadelbaumarten

aus. Die Sicherung des Nadelholzanbaus ist aber nicht nur für den Klimaschutz wichtig, sondern deckt sich auch mit den ökonomischen Zielen der Forstbetriebe und der Nachfrage der Holzindustrie.

Zur Absicherung des standortgemäßen Waldumbaus bedarf es weiterer Forschungsaktivitäten, um die sich ändernden Standort-Leistungs-Beziehungen sowie die Gefährdungen durch biotische und abiotische Risiken besser baumarten- und herkunftsspezifisch abschätzen zu können. Die Mischung verschiedener Baumarten scheint sich positiv auf den ober- und unterirdischen Waldspeicher auszuwirken, die zugrunde liegenden Mechanismen sind aber auch hier noch nicht verstanden.

Die vorliegenden und sich weiterentwickelnden Erkenntnisse der Klimafolgenforschung sind wichtige Grundlagen für die Programme zur Förderung des Waldumbaus im Privat- und Kommunalwald. Die Programme sollten so flexibel gestaltet sein, dass sich mit ihnen zum einen die Klimaschutzleistungen der Forstbetriebe optimieren lassen und zum anderen Anpassungen an den aktuellen Stand des Wissens möglich sind. Zum Beispiel sollten daher die forstlichen Förderprogramme zur ländlichen Entwicklung und auf Grundlage der GAK um solche Maßnahmen ergänzt werden, die sowohl eine Anpassung des Waldes an den Klimawandel als auch einer Erhöhung der Mitigationsleistung der Wälder durch den Anbau von trockenheitstoleranten Nadelbaumarten (z. B. Douglasie, Küstentanne oder Schwarzkiefer) in Mischbeständen mit Laubholz befördern. Vor diesem Hintergrund sollte die Praxis der in der Regel fünf Jahre nach der Bestandesbegründung erfolgenden Überprüfung der Erreichung der Förderziele flexibilisiert werden. Es ist klimapolitisch nicht sinnvoll, wenn aus geförderten Laubholzverjüngungen die Naturverjüngung von (standortgemäßen) Nadelbäumen vollständig entfernt wird, nur um die Fördermittel nicht zurückzahlen zu müssen.

Die von Standards für die Zertifizierung nachhaltiger Waldwirtschaft (z. B. FSC) geforderte Orientierung der Baumartenzusammensetzung an der natürlichen Waldgesellschaft ist angesichts der Herausforderungen des Klimawandels nicht zielführend. Einerseits verlieren die Waldgesellschaften natürliche Baumarten wie die Esche oder Ulmen aufgrund von Pathogenen, sodass sie artenärmer und weniger anpassungsfähig werden. Andererseits bietet diese auf die bisherigen Standortgegebenheiten ausgerichtete Orientierung keine Garantie dafür, dass die bisher oder früher natürlich am Standort vorkommenden Baumarten auch die in der Zukunft am besten angepassten Arten sind. Zielvorstellungen für die zukünftige Baumartenzusammensetzung der Wälder sollten stattdessen stärker als bisher explizit auch die Klimaschutzfunktion einbeziehen.

6.5.1.2 Wälder zielgerecht pflegen und nutzen (Adressat: EU, Bund, Länder)

Die Bestandespflege ist ein entscheidendes waldbauliches Mittel, um Aufbau, Stabilität, Massen- und Wertleistung der Bestände zielgerichtet zu beeinflussen. Gestaffelte Durchforstungen, mit

anfangs starken und später mäßig starken Eingriffen, sind dazu aus einer Reihe von Gründen besonders geeignet. Sie folgen dem Wachstumsgang der Baumarten, bauen die Kronen der bestveranlagten Bäume frühzeitig aus, verkürzen hierdurch die Produktions- und Gefährdungszeiträume und verbessern die Erholung der geförderten Bäume nach Trockenstressereignissen. Gleichzeitig sichern sie die Flächenproduktivität und Kohlenstoffspeicherung im Wald.

Einen großen Einfluss auf die Klimaschutzleistung der Wälder haben darüber hinaus die jeweils angestrebten Zielstärken für hiebreife Bäume. Sie beeinflussen die Vorratshaltungen, das Zuwachsniveau, die Produktionszeiträume und die vermarktungsfähigen Holzsortimente. Grundsätzlich erscheint bei allen Baumarten eine stärkere Differenzierung der angestrebten Zieldurchmesser notwendig. Je besser die Wuchsleistung, je besser die Qualität und je geringer das Risiko bzw. die Entwertungsgefahr, desto höher kann die Zielstärke angesetzt werden. Ein eher schematisches Vorgehen hat in der Vergangenheit zu einer Anhebung der Zieldurchmesser und damit zu einer Verlängerung der Produktionszeiträume geführt. Nicht zuletzt hierdurch sind die Altholzvorräte stark angestiegen. Dies birgt beim Laubholz v. a. Entwertungsgefahren durch Verfärbungen und Fäulen mit eingeschränkten stofflichen Verwertungsmöglichkeiten und beim Nadelholz erhöht sich das Risiko von Trockenstress und Windwurfkalamitäten. Eine weitere Anhebung der Zielstärken bzw. eine Verlängerung der Produktionszeiträume kann daher aus dem Blickwinkel des Klimaschutzes und der Anpassung an klimatische Extremereignisse nicht empfohlen werden, zumal in den meisten Fällen hierdurch das Zuwachsniveau der Bestände sinken würde und sich die an die Nutzungen gekoppelten Produktspeicher- und Substitutionsraten verringern würden.

Vor diesem Hintergrund empfehlen die Beiräte, für den Privat- und Kommunalwald weiterhin in ausreichendem Umfang Fördermittel für Maßnahmen der Bestandespflege (insbes. für die Durchführung nicht kostendeckender Läuterungsmaßnahmen) zur Verfügung zu stellen. Die Stabilisierung, zielgerichtete Steuerung und Weiterentwicklung der vorhandenen Bestockungen sollte also in der Regel Vorrang vor der Begründung neuer Bestände haben. In diesem Zusammenhang ist auch die Förderung des forstlichen Wegebaus (inkl. der Erschließung der Bestände durch Rückewege) von zentraler Bedeutung, denn wie im Rahmen der „Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen“ (Rüther et al. 2007) festgestellt, erhöht eine Erschließung signifikant die Wahrscheinlichkeit der Nutzung der Bestände, was sich fördernd auf die Stabilität der Bestockungen und die Klimaschutzwirkungen der Holznutzungen auswirkt.

Auch sind die für den öffentlichen Wald gültigen Richtlinien für die Bestandespflege so zu gestalten, dass neben anderen Zielen die Stabilität, Anpassungsfähigkeit und Klimaschutzleistung der Wälder optimiert wird. Der für den Schutz der Biodiversität wichtige Erhalt von Strukturelementen alter Wälder sollte über den Erhalt von Habitatbäumen und Totholz statt über die Produktionszeiträume ganzer Bestände gesteuert werden.

6.5.1.3 Waldbesitzer beraten und unterstützen (Adressat: EU, Bund, Länder)

Eine Waldbewirtschaftung, die sich an Klimaschutz und -anpassung orientiert, muss von den örtlichen Waldbesitzern und -bewirtschaftern umgesetzt werden. Dazu bedarf es zum einen einer Verbesserung der forstlichen Planungsgrundlagen und -modelle und zum anderen einer umfassenden Beratung und Betreuung der örtlichen Entscheidungsträger.

Bisher fehlen für die mittelfristige forstliche Planung (Forsteinrichtung) meist noch räumlich explizite, an die erwartete Klimaentwicklung angepasste Standort-, Wachstums- und Risikoinformationen. Es ist eine wichtige öffentliche Aufgabe, die notwendigen finanziellen Mittel für entsprechende Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Verfügung zu stellen. Durch solche Projekte können Datengrundlagen beschafft und Modelle entwickelt werden, die insbesondere auch dem Privat- und Körperschaftswald für Planungszwecke zur Verfügung gestellt werden sollten.

Vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Veränderungen in den Strukturen staatlicher Forstverwaltungen sind der Bund und die Länder gefordert, bspw. durch die Förderung und Entwicklung von „Best-practice-Konzepten“, den Privat- und Körperschaftswald weiterhin zu unterstützen. Die bisher häufig durch die staatlichen Forstverwaltungen der Länder erbrachte „institutionelle Förderung“ des Privat- und Körperschaftswaldes sollte durch eine „wettbewerbsneutrale Förderung“ ergänzt bzw. ersetzt werden. Diese sollte den kartellrechtlichen Vorgaben und dem Leitbild einer auf wirtschaftlicher Eigeninitiative und Wettbewerb beruhenden Forstwirtschaft entsprechen. Es ist sicher, dass die Umsetzungen neuer Förderungsstrukturen langfristige Anpassungsprozesse erfordern werden. Wichtig ist auch, dass ein solcher Anpassungsprozess nicht dazu führen darf, die von der öffentlichen Hand bisher (insbesondere durch die Bereitstellung von Personal und technischer Infrastruktur) eingesetzten finanziellen Mittel aus der Forstwirtschaft abzuziehen. Denn die Herausforderungen im kleinstrukturierten Privat- und Körperschaftswald im Kontext des Klimawandels lassen sich nur mit ausreichender Unterstützung lösen.

Grundsätzlich sollte in diesem Zusammenhang auch geprüft werden, ob und in welchem Maße die Betreuung, nachhaltige Bewirtschaftung und strukturverbessernde Maßnahmen im Privatwald durch steuerpolitische Instrumente unterstützt werden können. Die langfristigen Anpassungsprozesse an den Klimawandel führen zwangsläufig zu einer ausgeprägten zeitlichen Entkopplung der Kosten für Bestandesbegründung und -pflege einerseits und der Holzträge andererseits. Im Gegensatz zur heutigen Situation, in der ein Großteil der Wälder kostengünstig natürlich verjüngt wird, erfordert die Anpassung der Baumartenzusammensetzung in Zukunft eine deutlich erweiterte und teurere, künstliche Verjüngung. Gleichzeitig sinken möglicherweise die Erträge aufgrund von erhöhten klimabedingten Risiken. Für die Forstbetriebe ergeben sich auf diese Weise starke jährliche Schwankungen des Betriebsergebnisses, die bspw. durch verbesserte Möglichkeiten der Rücklagenbildung ausgeglichen werden könnten. Um die Finanzierung einer regelmäßigen Waldpflege zu erleichtern, sollte der Bund daher die entsprechenden steuerrechtlichen Regelungen zur Erleichterung der Rücklagenbildung anpassen.

Auch muss Forstbetrieben die Möglichkeit zur Verfügung stehen, durch Wissenstransfer aus Forschung und Beratungsstellen informiert und geschult zu werden. Hierzu sollten innovative Schulungs- und Beratungskonzepte, auch unter Nutzung z. B. von Online-Portalen, digitalen Entscheidungsunterstützungssystemen und „*Management-Scouts*“, (weiter)entwickelt und angeboten werden. Differenzierte Bewirtschaftungskonzepte müssen dabei einen Vorrang haben vor pauschalen Ansätzen.

Eine besondere Beachtung sollte in der Beratung dem Klein- und Kleinstprivatwald zukommen, der durch finanzielle Förderungen und traditionelle Lenkungsmaßnahmen zunehmend weniger angesprochen wird. Dies gilt umso mehr, als die Holzvorräte im Kleinstprivatwald um ca. 15 % höher sind als im Bundesdurchschnitt aller Waldbesitzformen. Als Grundlage für die Entwicklung geeigneter Beratungsinstrumente sollten sozialwissenschaftliche Forschungsprojekte implementiert werden, die Werte und Entscheidungskriterien verschiedener Waldbesitzersegmente untersuchen.

6.5.2 Waldböden und Kohlenstoffspeicherung in Waldböden schützen

6.5.2.1 Bodenschutz gewährleisten (Adressat: Bund, Länder)

Die Waldböden in Deutschland reichern kontinuierlich organische Substanz an und leisten damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Hohe Biomasserückfuhr, die eher niedrigen pH-Werte vieler Waldböden und tiefgründige Durchwurzelung fördern die C-Speicherung. Zusätzlich sind Wälder diejenige Landnutzungsform mit der höchsten Nettobodenneubildungsrate. Frisch entstandene Bodenpartikel sind noch ungesättigt mit organischer Substanz und können große Mengen an C speichern. In Übereinstimmung damit zeigen aktuelle Daten aus der Bodenzustandserhebung ein anhaltend großes Potenzial, Biomasse zu speichern. Die C-Vorräte unserer Waldböden nehmen zu, und zwar um 0,4 t C/ha pro Jahr bezogen auf 30 cm Bodentiefe (Grüneberg et al. 2014). Wenn auch der tiefere Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe berücksichtigt wird, könnte dieser Wert sogar deutlich höher liegen (Grüneberg et al. 2016). Bei unsachgemäßer Behandlung können jedoch auch Waldböden ihre C-Senkenfunktion verlieren und sich sogar zu C-Quellen entwickeln. Störungen von Waldböden durch Befahrung außerhalb von Rückegassen oder längere Freilage der Böden infolge von Kahlschlägen sollten daher vermieden werden. Der Waldbau und die Forsttechnik haben sich an den ökologischen Erfordernissen der Standorte auszurichten. Dies muss besonders beim Management von solchen Waldstandorten berücksichtigt werden, deren Böden in ihrer C-Speicherfähigkeit eine hohe Sensitivität gegenüber waldbaulichen und anderen forstlichen Eingriffen zeigen. Da die Wurzelstreu von großer Bedeutung für den C-Eintrag in Böden ist und Unterböden häufig noch nicht C-gesättigt sind, kann die Förderung tief wurzelnder Baumarten einen zusätzlich Beitrag zur Erhöhung des C-Speichers in Waldböden leisten. Dieser Aspekt ist besonders relevant für tiefgründige Standorte mit Grundwasseranschluss im Unterboden oder auch für Standorte mit mächtiger, durchwurzelbarer Gesteinszersatzzone. Sandige Böden und flachgründige Standorte der Alpen sind besonders sensitive Standorte, die

sehr leicht C verlieren können. Besonders auf derartigen Standorten sollte auf eine zu hohe Nutzungsintensität verzichtet sowie auf die Etablierung stabiler Bestände geachtet werden. Die Erforschung des Einflusses von Kalkungsmaßnahmen auf die C-Speicherung oder auch die Freisetzung des Klimagases N_2O sollte besonders auf solchen Standorten veranlasst und gefördert werden. Forstliche Nutzungsplanungen staatlicher Forstbetriebe sollten daher die unterschiedliche Sensitivität der Böden berücksichtigen. Auf Standorten, auf denen Kalkung zu gravierenden Verlusten des Bodenkohlenstoffs führen könnte, sollte auf diese Maßnahme verzichtet werden. Vor Kalkungsmaßnahmen sollten Bodenuntersuchungen durchgeführt werden. Um dies ermöglichen zu können, ist eine Stärkung der bodenwissenschaftlichen Kompetenzen in den forstlichen Versuchsanstalten der Länder und die Öffnung dieser Einrichtungen für Privat- und Kommunalwaldbesitzer analog zu den LUFAs in Deutschland empfehlenswert.

Bei der Ausweisung von Waldschutzgebieten wie auch zur Entscheidungsfindung im Rahmen der kommunalen, regionalen und überregionalen Landschafts- und Umweltplanung sowie im Rahmen der strategischen Umweltplanung zur Prüfung von Landschaftsplänen sollten Synergien, die sich für sensitive Böden zwischen Klimaschutz und Naturschutz erreichen lassen, besonders berücksichtigt werden.

Neben der Aufrechterhaltung der C-Speicherfunktion von Waldböden gilt es zu beachten, dass Böden durch die Bereitstellung von Nährstoffen und die Speicherung von Wasser Voraussetzung für die Biomasseproduktion und damit auch für den im Klima-Kontext so wichtigen Produkt- und Substitutionsspeicher des Waldes sind. Nur mit intakten Böden kann der Klimaschutzbeitrag der Wälder auch in Zukunft bewahrt bleiben. Die Ausgleichsfunktion von Böden für den Bereich Wasser ist zudem von großer Bedeutung für die Anpassung von Wäldern an den Klimawandel. Zum Schutz dieser Funktionen sind die o. g. Beratungsangebote für den Privatwald besonders wichtig.

Diffuse stoffliche Einträge, die zu Bodenversauerung führen (besonders von Ammonium), stellen seit längerem eine große Gefahr für Waldböden dar. Daher ist die Umsetzung von Klimaszzielen im Wald eng mit der Reduktion atmosphärischer Deposition von Stickstoff und Säuren verknüpft. Sämtliche Anstrengungen, N-Emissionen der Landwirtschaft zu reduzieren, stärken somit auch die Klimaschutzfunktion der Wälder. Dies ist bei der Novellierung des Düngerechts zu berücksichtigen.

6.5.2.2 Waldmoore renaturieren (Adressat: Bund, Länder)

Moorflächen im Wald sollten nach Möglichkeit wiedervernässt werden, wenn sichergestellt ist, dass die Wiedervernässung zur Regeneration und dem Anwachsen des Moorkörpers führen wird. Dies ist jedoch nur dort der Fall, wo Moorflächen nicht irreversibel degradiert sind und der Wasserhaushalt der Gebiete durch Drainagen stark verändert ist. Daher sollte gleichzeitig unbedingt auf die Drainage noch intakter Moore verzichtet werden. Das gleiche gilt für den Torfabbau auf Moorflächen im Wald. Für eine bessere Einschätzung des Zustands und Potenzials von Mooren

mit Blick auf ihre weitere Entwicklung sollte ein nationales Moorkataster angelegt werden. Die Waldmoore sollten darin, ähnlich wie unter Kapitel 6.3.2 für landwirtschaftlich genutzte Moore beschrieben, hinsichtlich ihrer Schutzwürdigkeit klassifiziert werden. Dabei sollte die dort benannte Stufe II (Entwässerte Moore mit mächtiger Torfauflage) weiter nach der Regenerationsfähigkeit des Torfkörpers unterteilt werden, da die Wiedervernässung von Wäldern, die auf nicht regenerierbaren Torfen wachsen zur Verminderung der Substitutionsleistung des Waldes führen würde, die nicht durch das Weiterwachsen des Torfkörpers kompensiert würde. Diese Klassifizierung sollte dann z. B. als Grundlage für differenzierte Empfehlungen von Maßnahmen und Förderung des Moorschutzes durch nationale Programme (z. B. Waldklimafonds) für die Wiedervernässung von Mooren dienen. Maßnahmen zum Erhalt von intakten Mooren bzw. zur Renaturierung von Mooren im Privatwald sollten durch Vertragsnaturschutz abgedeckt werden. Auch ein Flächentausch zwischen privatem und öffentlichem Wald könnte dafür herangezogen werden. Die Wiederbewaldung von landwirtschaftlich genutzten Moorstandorten könnte eine auch für den Eigentümer der Flächen gangbare und klimaschützende Alternative zur landwirtschaftlichen Nutzung darstellen. Der Erlenanbau im Bereich der norddeutschen Niedermoore ist ein Beispiel für solche Nutzungsformen. Die Möglichkeiten zur Kompensation für die Nutzungseinschränkungen und Einkommenseinbußen der Landwirte wurden bereits unter Kapitel 6.3.2. thematisiert.

6.5.3 Klimaschutz bei Waldnaturschutzmaßnahmen beachten

6.5.3.1 Klimaschutzeffekte bei der Auswahl von Waldschutzgebieten berücksichtigen (Adressaten: Bund, Länder, Kommunen)

Bei der zukünftigen Ausweisung von Waldschutzgebieten sollten Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung stärker berücksichtigt werden als bisher. Dies gilt besonders für Prozessschutzflächen. Bestände, die einerseits naturfern sind und andererseits eine hohe Klimaschutzleistung aufweisen, z. B. sekundäre Nadelwälder, sollten soweit wie möglich aus Schutzgebietskullissen ausgeklammert werden. Zur oftmals notwendigen Arrondierung von Schutzgebieten sollten stärker als bisher naturschutzfachlich wertvolle Flächen im Privat- und Kommunalwald herangezogen werden. Für diese auf Freiwilligkeit der Eigentümer basierende Einbeziehung nichtstaatlicher Waldflächen müssen entsprechende Mittel für Flächenankauf bereitgestellt werden. Auch ein Flächentausch zwischen privaten, kommunalen und staatlichen Wäldern kann diese Arrondierung von naturschutzfachlich wertvollen Flächen befördern. Eine differenzierte Abwägung zwischen Zielen des Klimaschutzes und Biodiversitätsschutzes kann so zu einer Verbesserung der Ressourceneffizienz beitragen.

Auch Waldschutzgebiete, die durch ihre Speicherung von Kohlenstoff in Phytomasse und Böden einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sollten zur Erfüllung ihrer Funktionen anpassungsfähig sein. Daher sollte bei der Auswahl der Schutzgebiete die langfristige Standortsangepasstheit der jeweiligen Waldgesellschaften auf der Grundlage von regionalen Klimamodellen stärker als bisher berücksichtigt werden.

Bei einer Konstanz der Nachfrage für Holzprodukte und gleichbleibender Waldfläche (global steigt die Nachfrage bei abnehmender Waldfläche) führt die Extensivierung durch Schutzgebiete zu einer Intensivierung an anderer Stelle. Daher sollte bei der Ausweisung von Waldschutzgebieten geprüft werden, welche Auswirkungen dies auf die Klimaschutzleistung hat, und ob diese Effekte im regionalen Kontext kompensiert werden können.

6.5.3.2 Klimaschutzeffekte bei Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen berücksichtigen (Adressat: Bund, Länder und Kommunen)

Die naturschutzfachliche Praxis, aus Gründen des Biodiversitätsschutzes die Aufgabe von Waldbewirtschaftung und Holznutzung zu erwirken, ist aus Sicht des Klimaschutzes nicht effizient, da hierdurch insbesondere die Substitutionsleistung abnimmt. Daher sollte bei der Umsetzung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Wald anstelle der Flächenstilllegung, die vielfach bevorzugt wird, das Augenmerk vermehrt auf klimawirksame Maßnahmen gelegt werden. Hierzu zählen u. a.:

- Förderung von produktiven, bevorzugt einheimischen Baumarten beim Waldumbau, die an die erwarteten Klimaänderungen angepasst sind
- (Wieder-)Vernässung von Waldbeständen und Entwicklung von Au- und Bruchwald
- Entsiegelung und Rückbau von Infrastruktur zur Förderung von Bodenfunktionen, Extensivierung der Oberflächennutzung,
- die Förderung von waldähnlichen Strukturen in der Landwirtschaft (z. B. Gewässerrandstreifen).

Vor diesem Hintergrund sollte auch überprüft werden, ob einige Maßnahmen, die derzeit als Kompensationsmaßnahmen anerkannt werden, tatsächlich den Anforderungen an einen Ersatz oder funktionalen Ausgleich im Sinne eines umfassenden Naturschutzes entsprechen.

6.5.4 Holzproduktspeicher ausbauen, Substitutionseffekte durch Holz stärken

6.5.4.1 „Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern (Adressat: Bund, Länder)

Auch wenn eine verstärkte Nutzung von Holzprodukten in den in diesem Gutachten verwendeten, extremen Szenarien zunächst zu einer Reduzierung des Waldspeichers – und somit zu Nettoemissionen – führt, sollte sie aufgrund der langfristigen Klimawirksamkeit der Maßnahme bereits heute forciert werden. Fördermaßnahmen beginnen beim klimaangepassten Waldumbau, mit dem eine Berücksichtigung von Baumarten mit hohem Zuwachs, guter Holzqualität, attraktiven

Gebrauchswerten und guter Dauerhaftigkeit umgesetzt werden soll (z. B. Eiche, Douglasie, Esskastanie).

Die Langlebigkeit von Holzprodukten wird besonders durch ihren Einsatz im Baubereich befördert. Jedoch gibt es zahlreiche Hemmnisse für eine verstärkte Verwendung von Holz im Bau. Daher sollten Bund und Länder die Anpassung der Bauordnungen an die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und technischen Standards (z. B. Brandschutz, Schallschutz, Gesundheitswirkungen) zügig vorantreiben, um die Verwendung von Holz in mehrgeschossigen und verdichteten Bauten zu erweitern.

Über Bewertungs- und Bonuskonzepte sollten produzierende Industrien und Eigentümer anteilig ideell oder finanziell für die Langlebigkeit von Holzbauteilen und deren C-Speicherwirkung honoriert werden. Bei Bauvorhaben der öffentlichen Hand sind Materialempfehlungen bzw. -vorgaben für Bauweisen, deren Klimaschutzwirkung nachgewiesen sind, deutschlandweit vorzuschreiben. Neben der bisherigen Praxis, klimaeffizient gebaute Objekte durch Prämierungen bekanntzumachen und ggfs. finanziell nachträglich zu honorieren, könnte insbesondere im kommunalen Bereich die Holzverwendung durch Bauauflagen deutlich erhöht werden (z. B. Schulen, Kindergärten, Büchereien usw.)

Private und öffentliche Bauherren können sich die mit der Verwendung von Holz verbundenen Speichereffekte schon heute zertifizieren lassen, die damit verbundenen ideellen Vorteile sollten zukünftig auch zu finanziellen Vorteilen führen. So bietet z. B. die Landeshauptstadt München einen CO₂-Bonus zur finanziellen Unterstützung des Einsatzes von nachwachsenden C-speichernden Rohstoffen, die in der Gebäudekonstruktion und zur Wärmedämmung eingesetzt werden. Ein ähnliches Programm sollte landes- und bundesweit eingeführt werden. Dadurch würde ein kreativer CO₂-Einsparungswettbewerb auf dem Markt entstehen, bei dem die langlebigen Holzbaulösungen eine Vorreiterrolle einnehmen können. Die Subventionierung der energieintensiven Herstellung von Baustoffen durch die Befreiung von der EEG-Umlage muss im gleichen Zuge aufgegeben werden.

Die Information und Beratung zur Klimaschutzwirkung von Wald- und Holzprodukten muss ausgebaut werden. Die wissenschaftlichen Grundlagen hierzu stehen bereit, es sind Programme aufzulegen, die diese wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Bevölkerung tragen. Eine wichtige Zielgruppe sind die Entscheidungsträger bei der Auswahl von Bausystemen und Materialien. Hierzu zählen neben Architekten und Bauingenieuren (Multiplikatoren gegenüber Bauträgern) die Mitarbeiter in Bauämtern und Mitglieder von städtischen oder kommunalen Gremien, die über Bauvorhaben in einer frühen Planungsphase entscheiden. Auch in der allgemeinen Umweltbildung insbesondere im Schulwesen, sind gezielte Aufklärungsinitiativen zu den Klimaschutzwirkungen nachwachsender Rohstoffe einzuführen.

6.5.4.2 Kaskadennutzung in der Holznutzung fördern (Adressat: Bund, Industrie)

Die Nutzung einer Einheit Holz in verschiedenen Produkten ermöglicht die Verlängerung der Materiallebensdauer (und damit bei Holz der C-Speicherung) über die einzelnen Produktlebens hinaus. Das über Photosynthese produzierte hocheffizient angelegte Zellgewebe soll dadurch möglichst lange „in-Wert“ gehalten werden. Daraus leitet sich ab, dass die stoffliche Nutzung Vorrang vor der energetischen Nutzung haben sollte. Die Kaskadennutzung bewirkt zudem die Reduzierung der Naturraumbeanspruchung. Bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung können die durch Kaskadennutzung nicht beanspruchten (eingesparten) Rohholzmengen klimawirksam für zusätzliche Produkte eingesetzt werden, die wiederum langlebig die größte Klimawirksamkeit generieren. Die Politik muss durch das Schaffen von Anreizen vorsehen, dass die zusätzlichen Anwendungen aus Holz nachgefragt (siehe Maßnahmen Kap. 6.5.4.1) werden. Fehlleitende politische Förderprogramme wie die einseitige Subventionierung der Holzenergie sind aufzugeben. Die Benachteiligung der stofflichen gegenüber der energetischen Verwendung von Holz, die etwa aus der Förderung der Verbrennung von Holz resultiert, sollte reduziert werden. Zum Beispiel sollte die Förderung der Verbrennung von Waldfrischholz im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf bestimmte Sortimente beschränkt bleiben, für die es nur eine geringe Konkurrenz für stoffliche Nutzungen gibt.

Die Wissenschaft muss Methoden zur Bewertung der in Kaskaden geführten Stoffströme weiterentwickeln, basierend auf einer stringenten Definition im Sinne der Ressourcen- bzw. Rohstoffeffizienz und Klimaschutzwirkung. In der Ökobilanzmethodik gibt es derzeit noch keine einheitliche Vorgehensweise zur Bilanzierung von Biomasse-Kaskaden und den darin eingebetteten Prozessen. Ungeklärt sind u. a. die Fragen der korrekten Allokation, d. h. der Zuordnung von Umweltlasten auf die verursachenden Prozesse über die einzelnen Kaskadenstufen, und die sachlich korrekte Modellierung der Systeme zur Sicherstellung der Funktionsgleichheit beim Vergleich zwischen Produktionsprozessen auf der Basis von Kaskadennutzung bzw. Frischholz.

Kaskadenkonzepte erfordern einen Paradigmenwechsel auf allen Stufen der Holznutzungskette und beziehen Bautechnologie, Finanzwirtschaft und Verbraucherschutz mit ein. Holz- und Holzbauindustrie müssen Produkt- und Bausysteme entwickeln, die am Ende der Primärnutzung ein einfaches Zerlegen der Komponenten und damit die nachfolgende Zweitnutzung bzw. Kaskadierung erleichtern (Design for recycling/reuse). Weiter ist ein lebenszyklusorientiertes Informations- und Wissensmanagement einzuführen, das es erlaubt, am Ende jedes Produktlebens die notwendigen Informationen verfügbar zu haben, die über die Optionen der Weiternutzung (stofflich oder energetisch) entscheiden. Entsprechende IT-basierte Systeme sind u. a. aus der Elektro- bzw. Elektronikindustrie bekannt und können als Stoffpass auch für Bausysteme eingesetzt werden.

6.5.4.3 Neue Produkte entwickeln (Adressat: Bund, Länder, Industrie)

Gemäß der Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur wächst der Anteil der Laubbäume stetig und übertrifft bei ungebrochener Fortsetzung dieses Trends in absehbarer Zukunft jenen der Nadelbäume. Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele, der CO₂-Einsparungsziele und der angespannten Rohstoffversorgung ist eine verstärkte Nutzung des Laubholzes geboten. Hierzu müssen Laubholzprodukte hinsichtlich Qualität, Preis und Leistungsfähigkeit für den wirtschaftlichen Wettbewerb gerüstet sein, sowohl gegenüber Nadelholz als auch und besonders gegenüber nicht nachwachsenden und nicht erneuerbaren Rohstoffen. Da die Wertschöpfungskette im Bauwesen am Nadelholz hängt, müssen künftig Produkte und Technologien entwickelt werden, die der veränderten Ressourcensituation Rechnung tragen.

Der Bund sollte spezifische Förderungsprogramme auflegen, um wissenschaftlich-technische Lösungen für Laubholzbauprodukte und -systeme (Vollholz, Holzwerkstoff- und Hybridprodukte) zu entwickeln und die Leistungsfähigkeit zu beurteilen. Die Forschungsprogramme sollten die gesamte Wertschöpfungskette umfassen. Die Länder sollten baurechtlichen Anpassungen in den Landesbauordnungen vornehmen, um die Benachteiligung von Holz zu stoppen und die Potenziale von Laubholz- und Hybridprodukten nutzen zu können. Die Vorgaben der Baugesetzgebung und -normen sollten national und europäisch angepasst werden.

Den besten Effekt für das Klima erzielen langlebige Produkte und Anwendungen auf Gebieten, wo insbesondere energieintensive Werk- und Baustoffe substituiert werden. In der Regel trifft dies für das Bauwesen sowie den Leicht- und Anlagenbau zu.

6.5.4.4 Beratung zur Holzverwendung ausbauen (Adressat: Bund)

Maßnahmen zur Erhöhung der Produktspeicher durch vermehrte Holzverwendung können nur dann erfolgreich sein, wenn Multiplikatoren und potenzielle Kunden informiert und beraten werden und ihr Verhalten entsprechend ändern. Hierfür ist die Entwicklung von Schulungs- und Beratungskonzepten, u. a. in Zusammenarbeit mit berufsständischen Organisationen wie den Architekten- oder Ingenieurs-Kammern, erforderlich.

Potenziellen (privaten, gewerblichen und kommunalen) Kunden sind die neuen Möglichkeiten und Potenziale sowie die Vorteile des Baustoffes Holz in einzelnen Bereichen (z. B. Gewicht beim Dachausbau, Gesundheitswirkung, Allergene) auch mithilfe von Onlineportalen, Ausstellungen bei Messen usw. zu vermitteln. Diese Informationskampagnen sollten durch das BMUB und BMEL durchgeführt werden.

Die Verbraucheraufklärung sollte durch eine bundesweite Kampagne zur Holzverwendung für den Klimaschutz unterstützt werden. Der Schwerpunkt sollte dabei weg vom dekorativen Aspekt der Holzverwendung hin zur klimaschützenden Wirkung gelegt werden. Dies schafft auch die Grundlage dafür, dass ein Potenzial für die spätere Kaskadennutzung aufgebaut wird, denn deren

zukünftige Umsetzung profitiert von einem höherem Volumenanteil von massiv eingebautem Holz. Der hohen nationalen und internationalen politischen Bedeutung von Klimaschutz wäre es angemessen, wenn der Bund ausreichend Mittel für eine solche Kampagne bereitstellen würde. Aufgrund des öffentlichen Interesses am Klimaschutz sollte die Organisation einer solchen Kampagne mit staatlicher Unterstützung der Holzwirtschaft durchgeführt werden.

6.5.4.5 Holzforschung und -lehre entwickeln (Adressat: EU, Bund, Länder)

Holzforschung und -lehre sind durch gezielte Initiativen von Bundesregierung und Universitäten als Bestandteil der Materialwissenschaft zu entwickeln. Als multifunktionales Material kann Holz für stoffliche, chemische und energetische Wertschöpfungsprozesse genutzt werden und weist dabei Substitutionspotenziale für Anwendungen auf, in welchen bisher Erdöl und andere nichterneuerbare Ressourcen dominieren. Das Ausschöpfen dieser Substitutionschancen ist mit mehrheitlich positiven ökologischen, volkswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Effekten für den Lebens- und Wirtschaftsraum Deutschland verbunden. Für das verantwortungsvolle Steuern der Holznutzung unter den sich ändernden nationalen und globalen Rahmenbedingungen ist auch die Grundlagenforschung zu Holz, seinen Bestandteilen und Derivaten in Deutschland auszuweiten. Insbesondere sind Forschungsprojekte zur Verbesserung der Materialeffizienz, zur Beeinflussung und Ausrichtung der Holzeigenschaften auf die Anforderungen bei der Bauanwendung, aber auch zur Nutzung von Holz als Faserstoff und zunehmend auch als chemischer Rohstoff für biochemische, chemische und thermochemische Verfahren und zum Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Ökonomie und Technologie erforderlich. Die Zusammenhänge zwischen der forstseitigen Rohstoffproduktion und den Anforderungsprofilen der Bau- und Werkstoffindustrien sind in die Forschungsstrategien und Lehrpläne zu implementieren.

6.5.5 Öffentlichkeit über die positiven Klimaschutzwirkungen von Forstwirtschaft und Holzverwendung informieren (Adressat: Bund, Länder)

Die in diesem Gutachten herausgearbeiteten positiven Klimaschutzwirkungen von Forstwirtschaft und Holzverwendung sollten offensiv in der Öffentlichkeit dargestellt und zur Basis von privaten, betrieblichen und politischen Entscheidungen gemacht werden. Es muss in der Bevölkerung das Bewusstsein dafür gestärkt werden, dass die nachhaltige Bewirtschaftung von Wald und die Verwendung von Holz in langlebigen Produkten den besten Klimaschutzbeitrag in diesem Sektor darstellen. Dies erfordert eine gemeinschaftliche Anstrengung aller mit dem Wald- und Holzsektor verbundenen Akteure.

7 Literaturverzeichnis

- A T Kearney (2013) Lebensmittel: Regional ist gefragter als bio. A. T. Kearney GmbH, Düsseldorf.
<https://www.atkearney.de/documents/856314/2519692/BIP-lebensmittel-regional-ist-gefragter-als-bio.pdf/7ff52c8f-d808-4f57-a9fd-6c5e23d08aaa>
- A T Kearney (2014) Lebensmittel: Regional ist keine Eintagsfliege. A. T. Kearney GmbH, Düsseldorf.
http://www.atkearney.de/documents/856314/5229089/Issue+Paper_Regionale+Lebensmittel.pdf/5ba72c9f-dc4f-4de9-9c01-0f27348940d2
- Adolf T (1994) Daten-Dokumentation zur Nationalen Verzehrsstudie (NVS) und Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktorenanalytik (VERA). Justus-Liebig-Universität, Gießen
- Agentur für Erneuerbare Energien (o. J.) Strom aus Biomasse.
<http://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/strom-aus-biomasse>
Zugriff am 2016.01.15
- Ahlgren S, Di Lucia L (2014) Indirect land use changes of biofuel production – a review of modelling efforts and policy developments in the European Union. *Biotechnology for Biofuels* 2014: 1-10
- Aktion Moorschutz (o. J.) Blick nach Brandenburg: Moor-Zertifikate ermöglichen Renaturierung.
<http://www.aktion-moorschutz.de/1753/blick-nach-brandenburg-moor-zertifikate-ermoeglichen-renaturierung.html>. Zugriff am 2016.06.17
- Albrecht AT, Hanewinkel M, Buhus J, Kohnle U (2012) How does silviculture affect storm damage in forests of south-western Germany? Results from empirical modeling based on long-term observations. *European Journal of Forest Research* 131: 229-247
- Alexandratos N, Bruinsma J (2012) World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working Paper No. 12-03. FAO, Rom.
http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global_persepctives/world_ag_2030_50_2012_rev.pdf
- AMI (2014): Strukturdaten im ökologischen Landbau in Deutschland 2014. Agrarmarkt Informations - Gesellschaft mbH (AMI), Bonn
http://www.ami-informiert.de/fileadmin/redaktion/bio_daten/strukturdaten/Strukturdaten_und_Verkaufserloese_2014_PDF.pdf
- Andreyeva T, Long, MW, Brownell KD (2010) The impact of food prices on consumption: a systematic review of research on the price elasticity of demand for food. *American Journal of Public Health* 100: 216-222
- Angenendt E, Krimly T, Bahrs E (2014) Betroffenheit unterschiedlich groß.
<http://www.agrarheute.com/landundforst/news/betroffenheit-unterschiedlich-gross>
Zugriff am 2016.06.17
- AOL (2013) Im grünen Bereich. Die landwirtschaftlichen Wochenblätter – die bundesweite Medienkraft. Arbeitsgemeinschaft Organisationsgebundene Landpresse (AOL), Rendsburg
http://www.agrarpresse-aol.de/aol.dll/imgruenenbereich_web_NDExMzc5NQ.PDF?UID=C2E8CBA1D49C2BB52FB735FCA286A9569AECCDE5
- Arens-Azevedo U, Pfannes U, Tecklenburg E (2014) Is(s)t KiTa gut? KiTa-Verpflegung in Deutschland – Status quo und Handlungsbedarfe. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh

- Arens-Azevedo U, Schillmöller Z, Hesse L, Paetzelt G, Roos-Bugiel J, Glashoff M (2015) Qualität der Schulverpflegung- Bundesweite Erhebung. Abschlussbericht. Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Hamburg
https://www.in-form.de/nc/vns-portal/medien/publikationen-kita-und-schulverpflegung/in-form-materialien.html?tx_drblob_pi1%5BdownloadUid%5D=204
- Arens-Azevedo U, Tecklenburg ME, Häusler M, Pfannes U, Tecklenburg E (2016) Verpflegung in Kindertageseinrichtungen (VeKiTa): Ernährungssituation, Bekanntheitsgrad und Implementierung des DGE-Qualitätsstandards. In: DGE (Hrsg.) Ernährungsbericht 2016. DGE, Bonn, S. V9-V65
- Argebau (2002) Planung und Bau von Küchen und Kantinen für 50 bis 1000 Verpflegungsteilnehmer. Bauministerkonferenz (Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder, ARGEBAU), Ausschuss für Staatlichen Hochbau, Hannover
- Auestad N, Fulgon VL (2015) What current literature tells us about sustainable diets: emerging research linking dietary patterns, environmental sustainability, and economics. *Advances in Nutrition: An International Review Journal* 6: 19-36
- Ausgleichsagentur Schleswig-Holstein (2014) Effektiver Klimaschutz ist Moorschutz.
<http://www.ausgleichsagentur.de/moorfutures/moore-und-klima/> Zugriff am 2016.04.05
- Aust C, Schweier J, Brodbeck F, Sauter UH, Becker G, Schnitzler J-P (2014) Land availability and potential biomass production with poplar and willow short rotation coppices in Germany. *GCB Bioenergy* 6: 521-533
- Baatz C, Ott K (2015) Klimaethik: Mitigation, Adaptation und Climate Engineering. In: Kallhoff A (Hrsg.) Klimagerechtigkeit und Klimaethik. De Gruyter, Berlin, S. 181-198
- BAFU, BLW (2011) Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft, ein Modul der Vollzugshilfe. Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern
www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01581/
- Bajželj B, Allwood JM, Cullen JM (2013) Designing climate change mitigation plans that add up. *Environmental Science & Technology* 47: 8062-8069
- Bals C, Kreft S, Weischer L (2016) Wendepunkt auf dem Weg in eine neue Epoche der globalen Klima- und Energiepolitik. Die Ergebnisse des Pariser Klimagipfels COP 21. Germanwatch e. V., Bonn
<https://germanwatch.org/de/download/13982.pdf>
- Barunke A (2002) Die Stickstoffproblematik in der Landwirtschaft: Erfahrungen mit Stickstoffminderungsmaßnahmen. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen, Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel
- Baum S, Bolte A, Weih M (2012a) High value of short rotation coppice plantations for phytodiversity in rural landscapes. *Global Change Biology Bioenergy* 4: 728-738
- Baum S, Bolte A, Weih M (2012b) Short Rotation Coppice (SRC) plantations provide additional habitats for vascular plant species in agricultural mosaic landscapes. *Bioenergy Research* 5: 573-583
- Becher G (2015) Clusterstatistik Forst und Holz: Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2013. Thünen Working Paper 48. Thünen-Institut, Hamburg
- Bechtold M, Tiemeyer B, Laggner A, Leppelt T, Frahm E, Belting S (2014) Large-scale regionalization of water table depth in peatlands optimized for greenhouse gas emission upscaling. *Hydrology and Earth System Sciences* 18: 3319-3339

- Berwanger P (2016) Brennstoff-Preisvergleich für den Gartenbau. Stand: Mai 2016. Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald, Freiburg im Breisgau
https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/Irafr/Technik/Brennstoff-Preisvergleich/Brennstoff_Preisvergleich_Aktuell.pdf
- Betz R, Rogge K, Schön M, Igney S, Stefan T (2004) Klimaschutz in Baden-Württemberg: Chancen und Möglichkeiten nationaler Projekte. Forschungsbericht FZKA-BW PLUS. Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe
- BfN (2012) Ökosystemleistungen der Moore. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn
- Biernat L (2016) Ökoeffizienz im ökologischen und konventionellen Marktfruchtbau Schleswig-Holsteins – ein konzeptioneller Ansatz zur Bewertung von Landnutzungssystemen. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- Birgersson S, Karlsson B-S, Söderlund L (2009) Soy milk – an attributional Life Cycle Assessment examining the potential environmental impact of soy milk. Royal Institute of Technology, Stockholm
- Blakely T, Cobiaci LJ, Cleghorn CL, Pearson AL, van der Deen FS, Kvizhinadze G, Nghiem N, McLeod M, Wilson N (2015) Health, health inequality, and cost impacts of annual increases in tobacco tax: multistate life table modeling in New Zealand. *PLoS Medicine* 12: e1001856
- Blanke M (2006) Life Cycle Assessment (LCA) and food miles – an energy balance for fruit imports versus home-grown apples. *ISHS Acta Horticulture* 767: o. S.
- BLE (2014) Bundesprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau.
http://www.ble.de/DE/04_Programme/07_Energieeffizienz/Energieeffizienz_node.html. Zugriff am 2016.04.12
- BLE (2016) Klimaschutz in Großküchen. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
<https://www.oekolandbau.de/grossverbraucher/%20nachhaltige-ernaehrung/klimaschutz-in-grosskuechen/> Zugriff am 2016.03.11
- Bleken MA, Steinshamn H, Hansen S (2005) High nitrogen costs of dairy production in Europe: worsened by intensification. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 34: 598-606
- BMBF (2015) Prävention. Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).
<http://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/praevention.php>. Zugriff am 2015.01.15
- BMEL (2014a) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2014. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
www.bmel-statistik.de
- BMEL (2014b) Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
http://www.etracker.com/Inkcnt.php?et=dQsrB9&url=http%3A%2F%2Fwww.bmel.de%2FSharedDocs%2FDownloads%2FBroschueren%2FBioOekonomiestrategie.pdf%3F__blob%3DpublicationFile&Inkname=Broschuere-BioOekonomiestrategie
- BMEL (2014c) Landwirtschaft verstehen. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Landwirtschaft-verstehen.pdf?__blob=publicationFile

- BMEL (2014d) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2014. Tabelle 207: Selbstversorgungsgrad bei landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
<http://berichte.bmel-statistik.de/SJT-4010200-0000.pdf>
- BMEL (2014e) GAK 2014 Berichterstattung, Förderbereich 5: Forsten. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
<http://www.bmel-statistik.de/service/archiv/gak/berichterstattung-2014/>
- BMEL (2015a) Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
- BMEL (2015b) Statistischer Monatsbericht 5/2015. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
- BMEL (2015c) Initiative „Zu gut für die Tonne!“ des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). www.zugut fuer dietonne.de. Zugriff am 2015.12.14
- BMEL (2016) Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. 2. korrigierte Auflage. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/BMEL_Wald_Broschuere.pdf
- BMEL, BMUB (2015) Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zum Erhalt und Ausbau des CO₂-Minderungspotenzials von Wald und Holz sowie zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel (Förderrichtlinie Waldklimafonds). Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Bonn.
- BMEL-Testbetriebsnetz Forst (2015) Buchführungsergebnisse Forstwirtschaft, Ergebnisse 2014, Forstbetriebe (ab 200 ha Waldfläche) nach Besitzarten Deutschland. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
- BMEL-Testbetriebsnetz Landwirtschaft (2015) Landwirtschaftliche Haupterwerbsbetriebe (Einzelunternehmen und Personengesellschaften) Deutschland, Wirtschaftsjahr 2014/15. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
- BMELV (2007) Holzmarktbericht 2/2006. Abschlussergebnisse für die Forst- und Holzwirtschaft des Wirtschaftsjahres 2006 (01.01.2006 – 31.12.2006). Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn
<http://berichte.bmelv-statistik.de/FHB-0100005-2006.pdf>
- BMELV (2008) Bericht des BMELV für einen aktiven Klimaschutz der Agrar-, Forst- und Ernährungswirtschaft und zur Anpassung der Agrar- und Forstwirtschaft an den Klimawandel. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin
www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/383152/publicationFile/22425/Klimaschutzbericht2008.pdf
- BMELV (2009) Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/AktionsplanNaWaRo.pdf?__blob=publicationFile
- BMELV (2010) Holzmarktbericht 2009. Abschlussergebnisse für die Forst- und Holzwirtschaft des Wirtschaftsjahres 2009 (01.01.2009 – 31.12.2009). Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin
<http://berichte.bmelv-statistik.de/FHB-0120005-2009.pdf>

- BMELV (2011a) Waldstrategie 2020. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn
- BMELV (2011b) Der Wert von Lebensmitteln – Umfragen im Auftrag des BMELV. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Presse/ForsaUmfrageWertVonLM.pdf?__blob=publicationFile
- BMELV (2011c) Holzmarktbericht 2010. Abschlussergebnisse für die Forst- und Holzwirtschaft des Wirtschaftsjahres 2010 (01.01.2010 – 31.12.2010). Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin.
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Wald-Jagd/Holzmarktbericht-2010.pdf?__blob=publicationFile
- BMELV (2012a) Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/EiweisspflanzenstrategieBMELV.pdf?__blob=publicationFile
- BMELV (2012b) Holzmarktbericht 2011. Abschlussergebnisse für die Forst- und Holzwirtschaft des Wirtschaftsjahres 2011 (01.01.2011 – 31.12.2011). Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Wald-Jagd/Holzmarktbericht-2011.pdf?__blob=publicationFile
- BMELV, BMG (2008) IN FORM – Deutschlands Initiative für gesunde Ernährung und mehr Bewegung, Berlin 2008. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bundesministerium für Gesundheit (BMG), Berlin
- BMELV, BMU (2010) Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin
- BMFSJ (2015) Bericht der Bundesregierung über die pflegerische Versorgung, Pflegestatistik 2013. Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSJ), Bonn
- BMU (2007) Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin
- BMU (2008) Biogas und Umwelt – Ein Überblick. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin
- BMUB (2014a) Aktionsprogramm Klimaschutz 2020: Kabinettsbeschluss vom 3. Dezember 2014. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Aktionsprogramm_Klimaschutz/aktionsprogramm_klimaschutz_2020_broschuere_bf.pdf
- BMUB (2014b) Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/entwickl_treibhausgasemissionen_sektoren_2014.png. Zugriff am 05.05.2015

- BMUB (2015) Konsum und Ernährung.
<http://www.bmub.bund.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen/produkte-und-umwelt/produktbereiche/lebensmittel/>. Zugriff am 2016.06.02
- BMVBS (2011) Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bonn
- BMWi (2015) Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (Stand: Dezember 2015). Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin
- BMWi (2016) EEG-Novelle 2016: Fortgeschriebenes Eckpunktepapier zum Vorschlag des BMWi für das neue EEG, Stand: 15.02.2016. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin
- BNB (2015) Kriterien – BNB Büro- und Verwaltungsgebäude – Neubau. Version 2015
<https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/bnb-bueroegebaeude/bnb-bn-2015/kriterien-bnb-buero-und-verwaltungsgebaeude-neubau.html>
 Zugriff am 2016.06.05
- Boardman B (2008) Carbon labelling: too complex or will it transform our buying? *Significance* (5) 168-171
- Bockisch F-J, Schrader L (2003) Hightech oder grüne Wiese? In: Isermeyer F (Hrsg.) *Fleisch 2025*. Landbau-forschung Völkenrode Sonderheft 262: 99-118
- Boess J, Fortmann J, Müller U, Severin K, Ahlers E, Burghardt H, Höper H, Schäfer W, Strottdress J (2011) Kriterienkatalog Nutzungsänderung von Grünlandstandorten in Niedersachsen. In: Niedersachsen L (Hrsg.) *Leitlinien der Ordnungsgemäßen Landwirtschaft*, S. 1-24 (Anhang)
- BÖLW (2016) Zahlen, Daten, Fakten. Die Biobranche 2016. Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW) e. V., Berlin
http://www.boelw.de/fileadmin/Veranstaltungen/BIOFACH/ZDF/BOELW_ZDF_2016_web.pdf
- Bonnet C, Bouamra-Mechemache Z, Corre T (2016) An environmental tax towards more sustainable food consumption: empirical evidence of the French meat and marine food consumption. Toulouse School of Economics, Toulouse
- Bösch M, Jochem D, Weimar H, Dieter M (2015) Physical input-output accounting of the wood and paper flow in Germany. *Resources, Conservation and Recycling* 94, 99-109
- Bösch M, Elsasser P, Rock J, Rüter S, Weimar H, Dieter M (i. V.) Climate change mitigation potential of alternative timber-cutting strategies: a cost-effectiveness analysis for Germany
- Böttinger S (2008) Entwicklung der Energieeffizienz bei Landmaschinen. In: KTBL (Hrsg.) *Tagung Energieeffiziente Landwirtschaft vom 8.-9. April 2008 in Fulda*. KTBL, Darmstadt, S. 31-41
- BPB (2013) Ein Ziel, viele Strategien. Klimapolitik in Deutschland. Bundeszentrale für Politische Bildung (BPB). <https://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/klimawandel/38554/klimapolitik-in-deutschland> Zugriff am 2015.01.10
- Bracher A (2011) Möglichkeiten zur Reduktion von Ammoniakverlusten durch Fütterungsmassnahmen beim Rindvieh (Milchkuh). SHL, Agroscope Liebefeld-Posieux
- Brännlund R, Gren I-M (1999) Green taxes in Sweden: a partial equilibrium analysis of the carbon tax and the tax on nitrogen fertilizers. In: Brännlund R, Gren I-M (Hrsg.) *Green taxes: economic theory and empirical evidence from Scandinavia*. Edward Elgar, Cheltenham, S. 109-135
- Brehm JW (1966) *A theory of psychological reactance*. Oxford Academic Press, Oxford
- Brewer N (2011) Chapter 2: goals. In: Fischhoff B, Brewer N, Down S (Hrsg.) *Communicating needs and benefits: an evidence-based user's guide*. FDA, New Hampshire, S. 3-10

- Briggs ADM, Kehlbacher A, Tiffin R, Scarborough P (2016) Simulating the impact on health of internalising the cost of carbon in food prices combined with a tax on sugar-sweetened beverages. *BMC Public Health* 16: 1-14
- Bryngelsson D, Wirsenius S, Hedenus F, Sonesson U (2016) How can the EU climate targets be met? A combined analysis of technological and demand-side changes in food and agriculture. *Food Policy* 59: 152-164
- Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt (2016) Monitoringbericht 2015, Stand 10. November 2015, (Redaktionelle Korrekturen: 21. März 2016). Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt, Bonn
- Bundesregierung (2002) Perspektiven für Deutschland: Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Bundesregierung, Berlin
- Bundesregierung (2010) Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Bundesregierung, Berlin
http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- Bundesregierung (2012) Nationale Nachhaltigkeitsstrategie: Fortschrittsbericht 2012. Bundesregierung, Berlin
- Bundesregierung (2015a) Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Peter Meiwald, Annalena Baerbock, Harald Ebner, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/5749 – Gewässerbelastung in Deutschland. Bundesregierung, Berlin
- Bundesregierung (2015b) Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Nicole Maisch, Annalena Baerbock, Harald Ebner, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/5787 – Lebensmittelverschwendung beenden. Bundesregierung, Berlin. <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/059/1805903.pdf>
- Bundesregierung (2016) Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Steffi Lemke, Annalena Baerbock, Peter Meiwald, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/7197 - Schutz der Moore. Beitrag zum Natur- und Klimaschutz. Bundesregierung, Berlin
<http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/071/1807197.pdf>
- Bundesrepublik Deutschland (2011) Submission of information on forest management reference levels by Germany. UNFCCC, Bonn
- Burrell A (1989) The demand for fertilizer in the United Kingdom. *Journal of Agricultural Economics* 40: 1-20
- Burschel P, Kürsten E, Larson BC (1993) Die Rolle von Wald und Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt. Eine Betrachtung für die Bundesrepublik Deutschland. Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München, Bayerische Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, München
- BVE (2015) Jahresbericht der Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie 2014-2015. Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie (BVE), Berlin
<http://www.bve-online.de/download/jahresbericht-2015>
- BWI (2012) Dritte Bundeswaldinventur (2012). <https://bwi.info/>. Zugriff am 2016.06.02
- Byrne KA, Chojnicki B, Christensen TR, Drösler M, Freibauer A, Friborg T, Frohling S, Lindroth A, Mailhammer J, Selin S, Turunen J, Valentini R, Zetterberg I, Vandewalle M (2004) EU peatlands: current carbon stocks and trace gas fluxes. Concerted action – synthesis of the European Greenhouse Gas Budget Report 4/2004. Geosphere-Biosphere Centre, University of Lund, Lund

- Campbell-Arvai V, Arvai J, Kalof L (2012) Motivating sustainable food choices: the role of nudges, value orientation, and information provision. *Environment and Behavior* 46: 453-475
- Caney S (2012) Just emissions. *Philosophy and Public Affairs* 40: 255-300
- CEMA, CECE (2011) CECE and CEMA: Optimising our industry to reduce emissions. European Agricultural Machinery (CEMA), Committee for European Construction Equipment (CECE), Brüssel <http://cema-agri.org/newsletterarticle/cece-cema-brochure-our-vision-co2-reduction>
- Chandon P, Wansink B (2007) The biasing health halos of fast-food restaurant health claims: Lower calorie estimates and higher side-dish consumption intentions. *Journal of Consumer Research* 34: 301-314
- Chandon P, Wansink B (2012) Does food marketing need to make us fat? A review and solutions. *Nutrition Reviews* 70: 571-593
- Chen S, Lin S, Loges R, Reinsch T, Hasler M, Taube F (2016) Independence of seasonal patterns of root functional traits and rooting strategy of a grass-clover sward from sward age and slurry application. *Grass and Forage Science* 10.1111/gfs.12222
- Christophel D, Spengler S, Schmidt B, Ewald J, Prietzel J (2013) Customary selective harvesting has considerably decreased organic carbon and nitrogen stocks in forest soils of the Bavarian Limestone Alps. *Forest Ecology and Management* 305: 167-176
- Chum H, Faaij A, Moreira J, Berndes G, Dhamija P, Dong H, Gabrielle B, Goss Eng A, Lucht W, Mapako M, Masera Cerutti O, McIntyre T, Pingoud K (2011) Bioenergy. In: Edenhofer R, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Seyboth K, Matschoss P, Kadner S, Zwickel T, Eickemeier P, Hansen G, Schlömer S, von Stechow C (Hrsg.) IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge University Press, Cambridge, S. 209-332
- Clark H (2013) Nutritional and host effects on methanogenesis in the grazing ruminant. *Animal* 7: 41-48
- Conant RT, Paustian K, Elliott ET (2001) Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications* 11: 343-355
- Coop (2014) Nachhaltigkeitsbericht 2014. Coop-Gruppe, Basel http://www.coop.ch/pb/site/uebercoop/get/documents/coop_main/elements/ueber/geschaeftsbericht/2015/_pdf/COOP_NHB_2014_d_low.pdf
- Cordts A, Wittig F, Schulze B, Eisinger-Watzl M, Heuer T, Spiller A, Hoffmann I (2013) A typology comparing male organic purchasers and male non-organic purchasers: nutrition, health and buying behaviours. *Ernährungsumschau* 60: 36-42
- Cordts A, Duman N, Grethe H, Nitzko S, Spiller A (2014a) Potenziale für eine Verminderung des Fleischkonsums am Beispiel Deutschland und Auswirkungen einer Konsumreduktion in OECD-Ländern auf globale Marktbilanzen und Preise für Nahrungsmittel. *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.* 49: 209-222
- Cordts A, Nitzko S, Spiller A (2014b) Consumer response to negative information on meat consumption in Germany. *International Food and Agribusiness Management Review* 17: 83-106
- Corvalán C, Reyes M, Garmendia M L, Uauy R (2013) Structural responses to the obesity and non-communicable diseases epidemic: the Chilean Law of Food Labeling and Advertising. *Obesity Reviews* 14: 79-87
- Cripps E (2013) Climate change and the moral agent: individual duties in an interdependent world. Oxford University Press, Oxford, New York

- Cullen KW, Watson K, Zakeri I (2008) Improvements in middle school student dietary intake after implementation of the Texas public school nutrition policy. *American Journal of Public Health*: 111-117
- DAFA (2012) Fachforum Leguminosen Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft – Ökosystemleistungen von Leguminosen wettbewerbsfähig machen. Forschungsstrategie. Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA), Braunschweig
www.dafa.de/fileadmin/dam_uploads/images/Fachforen/ff_leguminosen-de_2012.pdf
- DAFA (2016) Fachforum Grünland - Grünland innovativ nutzen und Ressourcen schützen. Forschungsstrategie. Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA), Braunschweig
www.dafa.de/fileadmin/dam_uploads/images/Fachforen/FF_Gruenland/dafa-ff-gruenland_broschuere-dt-2016-01-20-web.pdf
- Darmon N, Lacroix A, Müller L, Ruffieux B (2016) Food price policies may improve diet but increase socio-economic inequalities in nutrition. *World Review of Nutrition and Dietetics* 115: 36-45
- DBV (2011) Entschließung des Präsidiums des Deutschen Bauernverbandes (DBV): Initiative für ein Gesetz zum Schutz landwirtschaftlicher Flächen.
http://www.bauernverband.de/mediaarchiv/grab_pic_chris.php?id=527410
Zugriff: 13.03.2016
- de Boer J, de Witt A, Aiking H (2016) Help the climate, change your diet: a cross-sectional study on how to involve consumers in a transition to a low-carbon society *Appetite* 98: 19-27
- de Ridder D (2014) Nudging for beginners. *European Health Psychologist* 16: 2-6
- de Schutter O (2013) Tax policies and the right to adequate food. Information note. UN, Büro des Sonderbeauftragten für Menschenrechte, Genf
<http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Food/TaxPolicies.pdf>
- de Vries W, Kros J, Dolman MA, Vellinga TV, de Boer HC, Gerritsen AL, Sonneveld MPW, Bouma J (2015a) Environmental impacts of innovative dairy farming systems aiming at improved internal nutrient cycling: a multi-scale assessment. *Science of the Total Environment* 536: 432-442
- de Vries M, van Middelaar CE, de Boer IJM (2015b) Comparing environmental impacts of beef production systems: a review of life cycle assessments. *Livestock Science* 178: 279-288
- de Witte T, Latacz-Lohmann U (2014) Was kostet das Greening? *Topagrar* 4(2014): 36-41
- de Witte T, Zimmer Y, Ellsiepen S, Röder N (2011) Option 3 und 4. Wettbewerbsfähige CO₂-eq-Vermeidungskosten/Verringerung agrarstruktureller Effekte. In: DBFZ (Hrsg.) Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland – Bewertung der Wirkungen des EEG. DBFZ, Leipzig, S. 170-177
- DEFRA (2011) Reducing and phasing out the horticultural use of peat in England. Impact Assessment. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), London
- DEFRA (2015) UK sales of peat and alternative materials in horticultural products during 2014.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/482948/growing_media_Production_2014.ods. Zugriff am 2016.04.07
- DEHOGA (2013) Zukunftsmarkt Gemeinschaftsgastronomie. Deutsche Hotel- und Gaststättenverband e. V. (DEHOGA), Köln
- den Elzen M, Meinshausen M (2006) Meeting the EU 2°C climate target: global and regional emission implications. *Climate Policy* 6: 545-564
- Deutsches Studentenwerk (2014) Zahlenspiegel 2013/2014. Deutsches Studentenwerk, Bonn
- DGE (2008) Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE. aid infodienst und Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Bonn

- DGE (2012) Ernährungsbericht 2012. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Bonn
- DGE (2014) DGE-Qualitätsstandard für die Verpflegung in Kindertageseinrichtungen, in Schulen, in stationären Senioreneinrichtungen, bei Essen auf Rädern, in Krankenhäusern und Reha-Kliniken. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Bonn
- DGE (2015) DGE-Qualitätsstandards für unterschiedliche Lebenswelten, DGE-zertifizierte Gemeinschaftsverpflegung. <https://www.dge.de/gv/dge-qualitaetsstandards/>. Zugriff am 2016.04.01
- DHWR (2015) Empfehlungen der Holzwirtschaft zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020. Die Nationale Klimaschutzinitiative; Daten, Fakten, Erfolge. Deutscher Holzwirtschaftsrat (DHWR), Berlin http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nki_broschuere_bf.pdf
- Dieter M (2008) Analyse der Wertschöpfung durch Holznutzung aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 179: 202-207
- Dieter M (2015) Deutsches Cluster Forst und Holz im internationalen Wettbewerb. AFZ/Der Wald 17: 13-15
- Dirks HE, Kaiser S, Klose G, Pfeiffer I, Backhaus M (2010) Verbrauchermonitoring. Perspektiven der Verbraucher zum Klimaschutz: Mobilität & Ernährung. Prognos, Basel http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/Prognos_Verbrauchermonitoring_Endbericht.pdf
- Dittert K, Lampe C, Gasche R, Butterbach-Bahl K, Wachendorf M, Papen H, Sattelmacher B, Taube F (2005) Short-term effects of single or combined application of mineral N fertilizer and cattle slurry on the fluxes of radiatively active trace gases from grassland soil. Soil Biology and Biochemistry 37: 1665-1674
- Dög M, Seintsch B, Rosenkranz L, Dieter M (i. V.) Belastungen der deutschen Forstwirtschaft aus der Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes. Landbauforschung
- Döhler H, Eurich-Menden B, Rößler R, Vandr  R, Wulf S (2011) Systematische Kosten-Nutzen-Analyse von Minderungsmaßnahmen für Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft für nationale Kostenabschätzungen. Endbericht. UBA Vorhaben FKZ 312 01 287. KTBL, Darmstadt
- Don A, Osborne B, Hastings A, Skiba U, Carter MS, Drewer J, Flessa H, Freibauer A, Hyvonen N, Jones MB, Lanigan GJ, Mander U, Monti A, Djomo SN, Valentine J, Walter K, Zegada-Lizarazu W, Zenone T (2012) Land-use change to bioenergy production in Europe: implications for the greenhouse gas balance and soil carbon. Global Change Biology Bioenergy 4: 372-391
- Dorward LJ (2012) Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? A comment. Food Policy 37: 463-466
- Drösler M, Schaller L, Kantelhardt J, Schweiger M, Fuchs D, Tiemeyer B, Augustin J, Wehrhan M, Förster C, Bergmann L, Kapfer A, Kr ger G (2012a) Beitrag von Moorschutz- und -revitalisierungsmanahmen zum Klimaschutz am Beispiel von Naturschutzgrogebieten. Natur und Landschaft 87: 70-76
- Drösler M, Augustin J, Bergman L, Förster C, Fuchs D, Hermann J-M, Kantelhardt J, Kapfer A, Kr ger G, Schaller L, Sommer M, Schweiger M, Steffenhagen P, Tiemeyer B, Wehrhan M (2012b) Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und dessen monetäre Bewertung. BfN Skripten 328. BfN, Bonn
- Eberle U, Fels J (2015) Environmental impacts of German food consumption and food losses. The International Journal of Life Cycle Assessment 21: 759-772
- EC Climate Action (2016) European Commission: Climate Action. Kyoto 1st commitment period (2008–12). http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress/kyoto_1/index_en.htm. Zugriff am 2016.03.18

- Eckard RJ, Grainger C, De Klein CAM (2010) Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science* 130: 47-56
- EdDE (2007) Grünabfälle – besser kompostieren oder energetisch verwerten? Vergleich unter den Aspekten der CO₂-Bilanz und der Torfsubstitution. EdDE Dokumentation 11. Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (EdDE), Köln
- Edwards-Jones G, Plassmann K, York EH, Hounsome B, Jones DL, Milà i Canals L (2009) Vulnerability of exporting nations to the development of a carbon label in the United Kingdom. *Environmental Science & Policy* 12: 479-490
- EEA (2006) Greenhouse Gas Emission Trends and Projections in 2005. EEA Report No. 9/2006. European Environment Agency (EEA). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- Effertz T, Adams M (2014) Effektive Prävention von Adipositas durch Kindermarketingverbote und Steuerstrukturveränderungen. *Präventive Gesundheitsforschung* 10: 55-61
- EFI (2014) Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin
- EG (1990) Conclusions of the Council, Dublin, 25-26. Juni 1990. SN/60/1/90. Europäische Gemeinschaft (EG), Dublin
- EK (2001) Study on the economic and environmental implications of the use of environmental taxes and charges in the European Union and its member states. Europäische Kommission (EK), Brüssel, Birmingham
- EK (2004) Entscheidung der Kommission vom 29. Januar 2004 zur Festlegung von Leitlinien für Überwachung und Berichterstattung betreffend Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union, Aktenzeichen K(2004) 130. Europäische Kommission (EK), Brüssel
- EK (2011a) Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050 Europäische Kommission (EK), Brüssel
- EK (2011b) Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa. KOM(2011) 571 endgültig. Europäische Kommission (EK), Brüssel. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0571&from=EN>
- EK (2012) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. Europäische Kommission (EK), Brüssel.
- EK (2013) Pressemitteilung der Europäischen Kommission: An EU budget for low-carbon growth, 19 November 2013. Europäische Kommission (EK), Brüssel
http://ec.europa.eu/clima/policies/finance/budget/docs/pr_2012_03_15_en.pdf
- EK (2014a) Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik im Zeitraum 2020-2030. Europäische Kommission (EK), Brüssel

- EK (2014b) Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 2008/98/EG über Abfälle, 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle, 1999/31/EG über Abfalldeponien, 2000/53/EG über Altfahrzeuge, 2006/66/EG über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Alttakkumulatoren sowie 2012/19/EU über Elektro- und Elektronik-Altgeräte. Europäische Kommission (EK), Brüssel
- EK (2015) 2020 climate & energy package.
http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_en.htm
Zugriff am 2015.01.10
- EK, Lettland (2015) Intended Nationally Determined Contribution of the EU and its Member States. Europäische Kommission (EK), Lettland, Riga.
<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Latvia/1/LV-03-06-EU%20INDC.pdf>
- Elsasser P, Meyerhoff J, Montagné C, Stenger A (2009) A bibliography and database on forest benefit valuation studies from Austria, France, Germany, and Switzerland. A possible base for a concerted European approach. *Journal of Forest Economics* 15: 93-107
- Elsasser P, Kawaletz H, Bormann K, Bösch M, Lorenz M, Moning C, Olschewski R, Roedel A, Schröppel B, Weller P (2016) Ökosystemleistungen von Wäldern. In: Von Haaren C, Albert C (Hrsg.) Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Grundlage für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. *Naturkapital Deutschland (TEEB DE)*. Leibniz Universität Hannover, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Hannover, Leipzig. S. 72-98
- Emberger-Klein A, Menrad K, Ergül R (2015) Carbon-Footprint-Analysen entlang der Wertschöpfungsketten von Obst und Gemüse an ausgewählten Beispielen sowie Erarbeitung eines entsprechenden Zertifizierungs- und Labellingsystems. Gekürzte Fassung des Schlussberichts. Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Weihenstephan
- Engel F, Bauhus J, Gärtner S, Kühn A, Meyer P, Reif A, Schmidt M, Schultze J, Späth V, Stübner S, Wildmann S, Spellmann H (2016) Wälder mit natürlicher Entwicklung in Deutschland: Bilanzierung und Bewertung. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 145. Landwirtschaftsverlag, Münster
- Engelmann F, Halkow A (2008) Der Setting-Ansatz in der Gesundheitsförderung: Genealogie, Konzeption, Praxis, Evidenzbasierung. WZB Discussion Paper SP I 2008-302. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH, Berlin
- Enquete Kommission (1994) Schutz der Erdatmosphäre. Dritter Bericht der Enquete-Kommission „Schutz Erdatmosphäre“ zum Thema Schutz der Grünen Erde – Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Drucksache 12/8350. Deutscher Bundestag, Berlin
- Enquete Kommission (1995) Schutz des Menschen und der Umwelt. Abschlussbericht. Deutscher Bundestag, Berlin
- Entenmann S, Schaich H (2014) Natura 2000 im Privatwald. Umsetzungsmöglichkeiten durch die EU-Naturschutzfinanzierung. *Naturschutzbund Deutschland (NABU)*, Berlin
<http://www.nabu.de/downloads/Natura-2000-im-Privatwald.pdf>
- EPA (2005) Opportunities to reduce anthropogenic methane emissions in the United States. Publication 430-R-93-012. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC
- Epstein S (1994) Integration of the cognitive and the psychodynamic unconscious. *American Psychologist* 49: 709-724
- Epstein LH, Jankowiak N, Nederkoorn C, Raynor HA, French SA, Finkelstein E (2012) Experimental research on the relation between food price changes and food-purchasing patterns: a targeted review. *The American Journal of Clinical Nutrition* 95: 789-809

- Ermgassen EKJ, Phalan B, Green RE, Balmford A (2016) Reducing the land use of EU pork production: where there's swill, there's a way. *Food Policy* 58, 35-48
- Escobar MAC, Veerman JL, Tollman SM, Bertram MY, Hofman KJ (2013) Evidence that a tax on sugar sweetened beverages reduces the obesity rate: a meta-analysis. *BMC Public Health* 13: 1-10
- EU (2007) Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. Amtsblatt der EU L 288/27 vom 6.11.2007. Europäische Union (EU), Brüssel
- EU (2010) Beschluss der Kommission vom 15. Dezember 2010 zur Änderung der Entscheidung 2006/944/EG über die gemäß der Entscheidung 2002/358/EG des Rates erfolgende Festlegung der Emissionsmengen, die der Gemeinschaft und jedem ihrer Mitgliedstaaten im Rahmen des Kyoto-Protokolls zugeteilt werden (K(2010) 9009), (2010/778/EU). Europäische Union (EU), Brüssel.
- EU-Rat (2014) European Council (23 and 24 October 2014) – Conclusions, EUCO 169/14. Rat der Europäischen Union (EU Rat), Brüssel
- EUWID (2013) Holz und Holzwerkstoffe. Heft 28. Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH (EUWID), Gernsbach
- Evans D (2011) Blaming the consumer – once again: the social and material contexts of everyday food waste practices in some English households. *Critical Public Health* 21: 429-440
- Evers J, Paar U, König N, Schönfelder E, Eichhorn J (2014) Kohlenstoffspeicherung im Auflagehumus und Mineralboden im Wald in Abhängigkeit von Waldkalkung, Bodensubstratgruppen und Bestand. Tagungsband zur Forstwissenschaftlichen Tagung 2014 in Dresden/Tharandt, Wälder der Zukunft: Lebensraum, Ressourcenschutz und Rohstoffversorgung. Technische Universität, Dresden
- FAO (2011) Food balance sheet for Germany 2006. FAO Global Perspective Studies Unit. Landwirtschafts- und Ernährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), Rom
- FAO (2013) Food wastage footprint. Impacts on natural resources. Summary report. FAO Global Perspective Studies Unit. Landwirtschafts- und Ernährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), Rom. <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>
- Fichtenberg CM, Glantz SA (2002) Effect of smoke-free workplaces on smoking behaviour: systematic review. *BMJ* 325: 188-196
- Field CB (2012) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge
- Fink M (2009) Exkurs: Auswirkungen des Klimawandels auf den Produktionsgartenbau. *Landbauforschung Sonderheft* 300: 131-136
- Finkbeiner M (2013) Indirekte Landnutzungsänderungen in Ökobilanzen. Wissenschaftliche Belastbarkeit und Übereinstimmung mit internationalen Standards. Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V., Verband der ölseenverarbeitenden Industrie, Berlin
http://www.biokraftstoffverband.de/tl_files/download/Stellungnahmen_und_Studien/13-05-14%20VDB%20OVID%20Finkbeinerstudie%20deutsch.pdf
- FISA (2016) Forschungsinformationssystem Agrar/Ernährung.
<http://www.fisaonline.de/index.php?lang=dt&act=home>. Zugriff am 2016.01.17
- Flachowsky G, Lebziern P (2009) Comments on in vitro studies with methane inhibitors. *Animal Feed Science and Technology* 151: 337-339

- Flaig H, Mohr H (1993) Energie aus Biomasse – eine Chance für die Landwirtschaft. Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- Flash Eurobarometer (2014) Attitudes of Europeans towards Waste Management and Resource Efficiency. (EK), Brüssel. http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_388_en.pdf
- Fleck B, Nacke E, Böttinger S, Frerichs L, Hanke S (2014) Der Weg zur freiwilligen Selbstverpflichtung der europäischen Landtechnikindustrie zur Reduktion von CO₂-Emissionen. In: VDI-MEG (Hrsg.) VDI-MEG Tagung Landtechnik, VDI-Berichte 2226. VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 301-308
- Fleege F (2008) Spermasexing beim Rind. In: Sächsische Bauernzeitung. Jahrgang 49 Heft 1: 30-31
- Flessa H (2010) Klimaschutz in der Landwirtschaft – Potenzial, Chancen und Risiken von Bioenergie. Vortrag, 16. Thüringer Bioenergietag, 25.02.2010, Jena
- Flessa H, Müller D, Plassmann K, Osterburg B, Techen A, Nitsch H, Nieberg H, Sanders J, Meyer zu Hartlage O, Beckmann E, Anspach V (2012) Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Landbauforschung, Sonderheft 361. vTI, Braunschweig. http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dn050716.pdf
- Flysjö, A, Cederberg C, Henriksson M, Ledgard S (2012) The interaction between milk and beef production and emissions from land use change – critical considerations in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. *Journal of Cleaner Production* 28: 134-142
- FNR (2005) Leitfaden Bioenergie. 2. Auflage. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prüzen
- FNR (2013) Leitfaden Biogas. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow-Prüzen
- FNR (2015) Tabelle der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe 2014/2015 der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). <https://mediathek.fnr.de/anbaufache-fur-nachwachsende-rohstoffe-tabelle.html>. Zugriff am 2015.10.16
- FNR (o. J.a) Entwicklung Biogasanlagen, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). <https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/entwicklung-biogasanlagen.html>. Zugriff am 15.01.2016
- FNR (o. J.b) Stromerzeugung, <http://biogas.fnr.de/biogas-nutzung/strom/>. Zugriff am 08.04.2016. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockstrom J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks DPM (2011) Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478: 337-342
- ForstBW (2015) Alt- und Totholzkonzept Baden-Württemberg. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (ForstBW), Stuttgart
- Frede HG, Beisecker R, Gäth S (1994) Long-term impacts of tillage on the soil ecosystem. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 157: 10.1002/jpln.19941570307
- Freibauer A, Röder N, Tiemeyer B (2012a) Ansätze für die Definition für Gebietskulissen für den GLÖZ-Standard 7: Schutz von Feuchtgebieten und kohlenstoffreichen Böden einschließlich eines Erstumbruchverbots. Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung 2012/10. Thünen-Institut, Braunschweig
- Frese D (2009) Sperma Sexing in der praktischen Anwendung. *Züchtungskunde* 81: 7-13

- Freyer B, Dorninger M (2008) Bio-Landwirtschaft und Klimaschutz in Österreich: Aktuelle Leistungen und zukünftige Potentiale der Ökologischen Landwirtschaft für den Klimaschutz in Österreich. Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Boku, Wien
https://hlfs.schule.at/fileadmin/DAM/Gegenstandsportale/HLFS/Biologische_Landwirtschaft/Dateien/BIO_AUSTRIA_Klimastudie-2.pdf
- Gallet CA (2007) The demand for alcohol: a meta-analysis of elasticities. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 51: 121-135
- Gardiner SSM, Caney S, Shue H, Jamieson D (2010) *Climate ethics. Essential Readings.* Oxford University Press, New York
- Garnett T (2011) Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy* 36, Supplement 1: S23-S32
- Garnett T, Mathewson S, Angelides P, Borthwick F (2015) Policies and actions to shift eating patterns: what works? A review of the evidence of the effectiveness of interventions aimed at shifting diets in more sustainable and healthy directions. Food Climate Research Network, Oxford
- Gärtner S, Münch J, Reinhardt G, Vogt R (2008) Ökobilanzen. In: IFEU (Hrsg.) *Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland.* Verbundprojekt gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. KFZ 0327544. IFEU, Heidelberg, Leipzig, Berlin, Darmstadt
- Gearhardt AN, Bragg MA, Pearl RL, Schvey NA, Roberto CA, Brownell KD (2012) Obesity and public policy. *Annual Review of Clinical Psychology* 8: 405-430
- Gebhardt T (2009) *Product Carbon Footprint im Vergleich von Trinkwasser und Mineralwasser am Standort Berlin.* Diplomarbeit. Beuth Hochschule für Technik, Berlin
- Geier A, Wansink B, Rozin P (2012) Red potato chips: segmentation cues can substantially decrease food intake. *Health Psychology* 31: 398-401
- Gibbs HK, Ruesch AS, Achard F, Clayton MK, Holmgren P, Ramankutty N, Foley JA (2010) Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 16732-16737
- Göbel C, Blumenthal A, Niepagenkemper L, Baumkötter D, Teitscheid P, Wetter C (2014) Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Reduktion von Warenverlusten und Warenvernichtung in der Außer-Haus-Verpflegung – Beitrag zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Institut für Nachhaltige Ernährung und Ernährungswirtschaft, Fachhochschule Münster, Münster
<https://www.fh-muenster.de/isun/downloads/studie-lebensmittelverschwendung/Studie-Lebensmittelabfaelle-Gemeinschaftverpflegung-Zahlen-Ursachen-Massnahmen-2014.pdf>
- Goetzke R, Hoymann J (2015) *Knappe Flächen: Strategien für eine nachhaltige Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung, Vortrag gehalten auf der Abschlusstagung CC-LandStraD, 19.-20.10.2015, Braunschweig*
http://www.cc-landstrad.de/fileadmin/cc-landstrad/Praesentationen_DE/Abschlusstagung_DE/BBSR_AbschlussCCLandStraD_Siedlungsflaechen.pdf
- Goetzke R, Schlump C, Hoymann J, Beckmann G, Dosch F (2014) *Flächenverbrauch, Flächenpotenziale und Trends 2030. BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2014.* Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn
- Goldbecker S (2013) *Fachbereich WD5, Wirtschaft und Technologie; Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Wissenschaftliche Dienste. Klimawirkung der Moore.* Deutscher Bundestag, Berlin.

- Gömann H, Bender A, Bolte A, Dirksmeyer W, Englert H, Feil J-H, Frühauf C, Hauschild M, Kregel S, Lilienthal H, Löpmeier F-J, Müller J, Mußhoff O, Natkhin M, Offermann F, Seidel P, Schmidt M, Seintsch B, Steidl J, Strohm K, Zimmer Y (2015) Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen. Studie im Auftrag des BMEL. Thünen Report 30. Thünen-Institut, Braunschweig
- Gomiero T, Paoletti MG, Pimentel D (2008) Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 27, 239-54
- Gössling S, Buckley R (2016) Carbon labels in tourism: persuasive communication? *Journal of Cleaner Production* 111, Part B: 358-369
- Gössling S, Broderick J, Upham P, Ceronc JP, Dubois G, Peeters P, Strasdas W (2007) Voluntary Carbon Offsetting schemes for aviation: efficiency, credibility and sustainable tourism 15: 223-248
- Grajewski R, Schmidt TG (2015) Agrarumweltmaßnahmen in Deutschland – Förderung in den ländlichen Entwicklungsprogrammen im Jahr 2013. Thünen Working Paper 44. Thünen-Institut, Braunschweig
- Grethe H (2007) High animal welfare standards in the EU and international trade – How to prevent potential 'low animal welfare havens'? *Food Policy* 32: 315-333
- Grethe H, Deppermann A, Marquard S (2013) Biofuels: effects on global agricultural prices and climate change. Study for OXFAM Deutschland and Heinrich-Böll-Stiftung. Institut für Agrarpolitik und Landwirtschaftliche Marktlehre, Universität Hohenheim, Stuttgart
https://www.boell.de/sites/default/files/biofuels_disk_papier2.pdf
- Grimm E (2005) Stand der Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen. *Landtechnik* 60: 36-37
- Grünberg J, Nieberg H, Schmidt TG (2010) Treibhausgasbilanzierung von Lebensmitteln (Carbon Footprints): Überblick und kritische Reflexion. *Landbauforschung* 60: 53-72
- Grüneberg E, Ziche D, Wellbrock N (2014) Organic carbon stocks and sequestration rates of forest soils in Germany. *Global Change Biology* 20: 2644-2662
- Grüneberg E, Riek W, Schöning I, Evers J, Hartmann P, Ziche D (2016) Kapitel 6. Kohlenstoff. In: Wellbrock N, Bolte A, Flessa H (Hrsg.) Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald (Entwurf). Thünen Working Paper. Thünen-Institut, Eberswalde
<https://www.thuenen.de/de/wo/arbeitsbereiche/waldmonitoring/bodenzustandserhebung/>
- Guariguata MR, Broadhead, J, Lescuuyer G, Savilaakso S, Essoungou JN, Sist P (2013) Multiple-use forest management in the humid tropics: Opportunities and challenges for sustainable forest management. FAO, Rom
- Gustafsson L, Baker SC, Bauhus J, Beese WJ, Brodie A, Kouki J, Lindenmayer DB, Löhmus A, Martínez Pastur G, Messier C, Neyland M, Palik B, Sverdrup-Thygeson A, Volney WJA, Wayne A, Franklin JF (2012) Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *Bioscience* 62: 633-645
- GV nachhaltig (2016) GV nachhaltig. Das Serviceportal für die Gemeinschaftsverpflegung.
www.gv-nachhaltig.de
Zugriff am 2016.01.04

- Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Freibauer A, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B (2016) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2014. Report on Methods and Data (RMD) submission 2016. Thünen Report 39. Thünen-Institut, Braunschweig. http://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn056460.pdf
- Hagemann M, Ndambi A, Hemme T, Latacz-Lohmann U (2012) Contribution of milk production to global greenhouse gas emissions: an estimation based on typical farms. *Environmental Science and Pollution Research* 19: 390-402
- Haller P (2012) Holz in Bestform. Wie man mit Formholzprofilen die Materialeffizienz steigert. *Cahier Scientifique de la Revue Technique Luxembourgeoise* 2012: 36-39
- Hallström E, Rööf E, Börjesson P (2014) Sustainable meat consumption: a quantitative analysis of nutritional intake, greenhouse gas emissions and land use from a Swedish perspective. *Food Policy* 47: 81-90
- Hamm U, Hemmerling S, Scheenbecker R, Spiller A, Wägeli S, Cordts A, Hermann I, Kary V (2011) Wissensstandsanalyse zum Verbraucher und Ernährungsverhalten bei ökologischen Lebensmitteln mit Einbezug der Außer-Hausverpflegung. Universität Kassel, Witzenhausen http://orgprints.org/20055/1/20055-100E095-uni_kassel-hamm-2011-wissensstandsanalyse_verbraucherverhalten.pdf
- Hanewinkel M, Cullmann DA, Schelhaas M-J, Nabuurs G-J, Zimmermann NE (2013) Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change* 3: 203-207
- Hanke S, Frerichs, L, Fleck B, Nacke E (2014) Methode zur Ermittlung der CO₂-Emissionen von Landmaschinen in einer Verfahrenskette. In: VDI-MEG (Hrsg.) VDI-MEG Tagung Landtechnik, VDI-Berichte 2226. VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 309-314
- Hanks AS, Just DR, Wansink B (2013) Smarter lunchrooms can address new school lunchroom guidelines and childhood obesity. *The Journal of Pediatrics* 162: 867-869
- Hansen K, Rosenqvist L, Vesterdal L, Gundersen P (2007) Nitrate leaching from three afforestation chronosequences on former arable land in Denmark. *Global Change Biology*, 13: 1250-1264
- Harris JL, Bargh JA, Brownell KD (2009a) Priming effects of television food advertising on eating behavior. *Health Psychology* 28: 404-413
- Harris JL, Pomeranz JL, Lobstein T, Brownell KD (2009b) A crisis in the marketplace: how food marketing contributes to childhood obesity and what can be done. *Annual Review of Public Health* 30: 211-225
- Hartikainen H, Roininen T, Katajajuuri J, Pulkkinen H (2014) Finnish consumer perceptions of carbon footprints and carbon labelling of food products. *Journal of Cleaner Production* 73: 285-293
- Hartje V, Wüstemann H, Bonn A (2015) Naturkapital und Klimapolitik: Synergien und Konflikte. TUB/UFZ. Naturkapital Deutschland – TEEB DE. Berlin, Leipzig
- Hartung E (2001) Ammoniak-Emissionen der Rinderhaltung und Minderungsmaßnahmen. In: Eurich-Menden B, Döhler H, Grimm E (Hrsg.) Emissionen der Tierhaltung. KTBL Texte 45/03. KTBL, Braunschweig
- Hasenauer H (2011) Überlegungen zur CO₂-Bilanz von Waldökosystemen. *Austrian Journal for Forestry Science* 128: 33-52
- Haubach C, Held B (2015) Ist ökologischer Konsum teurer? Ein warenkorbbasierter Vergleich. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden

- Haughton AJ, Bond AJ, Lovett AA, Dockerty T, Sunnenberg G, Clark SJ, Bohan DA, Sage RB, Mallott MD, Mallott VE, Cunningham MD, Riche AB, Shield IF, Finch JW, Turner MM, Karp A (2009) A novel, integrated approach to assessing social, economic and environmental implications of changing rural land-use: a case study of perennial biomass crops. *Journal of Applied Ecology* 46: 315-322
- Hausman DM, Welch B (2010) Debate: To nudge or not to nudge. *Journal of Political Philosophy* 18: 123-136
- Havers K (2008) Die Rolle der Luftfracht bei Lebensmitteltransporten und deren ökologische Folgen. Öko-Institut, Berlin. <http://www.oeko.de/oekodoc/758/2008-221-de.pdf>
- Hayward T (2012) Climate change and ethics. *Nature Climate Change* 2: 843-848
- Hedenus F, Wirsenius S, Johansson DJA (2014) The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets. *Climatic Change* 124: 79-91
- Heidecke C, Hirt U, Kreins P, Kuhr P, Kunkel R, Mahnkopf J, Schott M, Tetzlaff B, Venohr M, Wagner A, Wendland F (2015) Endbericht zum Forschungsprojekt „Entwicklung eines Instrumentes für ein flussgebietsweites Nährstoffmanagement in der Flussgebietseinheit Weser“. Thünen Report 21. Thünen-Institut, Braunschweig
- Heller M, Keoleian GA (2014) Greenhouse gas emissions of the U.S. diet: aligning nutritional recommendations with environmental concerns. *Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector*: 539-548
- Hello Fresh (2016) Hello Fresh. <https://www.hellofresh.de/>. Zugriff am 2016.06.07
- Henne J (2016) Supermärkte dürfen Lebensmittel nicht mehr wegwerfen. <http://www.geo.de/GEO/natur/green-living/frankreich-supermaerkte-duerfen-lebensmittel-nicht-mehr-wegwerfen-82490.html>. Zugriff am 2016.02.19
- Hennies H (2005) Strategien zur Effektivitätssteigerung der Umweltberatung – dargestellt am Beispiel der Wasserschutzberatung. In Berg E, Henrichsmeyer W, Schiefer G (Hrsg.) *Agrarwirtschaft in der Informationsgesellschaft. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e. V.*, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup
- Hennig P (2016) Kleinprivatwald: höhere Vorräte, geringere Nutzung. *Holz-Zentralblatt* 12: 330-332
- Henriksson PJG, Heijungs R, Dao HM, Phan LT, de Snoo GR, Guinée JB (2015) Product Carbon Footprints and their uncertainties in comparative decision contexts. *PLOS ONE*, 10: e0121221. doi:10.1371/journal.pone.0121221
- Herrmann A, Claus S, Loges R, Kluß C, Taube F (2014) Can arable forage production be intensified sustainably? A case study from northern Germany. *Crop and Pasture Science* 65: 538-549
- Herrmann S, Kahl T, Bauhus J (2015) Decomposition dynamics of coarse woody debris of three important central European tree species. *Forest Ecosystems* 2: 27
- Hersey JC, Wohlgenant KC, Arsenault JE, Kosa KM, Muth MK (2013) Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *Nutrition Reviews* 71: 1-14
- Hickler T, Vohland K, Feehan J, Miller PA, Smith B, Costa L, Giesecke T, Fronzek S, Carter TR, Cramer W, Kühn I, Sykes MT (2012) Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography* 21: 50-63

- Hildebrandt C, Ammermann K (2010) Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen - Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt, Anbauanforderungen des BfN. BfN, Bonn
- HKI CERT (2016) Datenbank HKI CERT Großküchentechnik.
<http://www.grosskuechen.cert.hki-online.de/de>
Zugriff am 2016.03.11
- Hochbauamt Stadt Frankfurt (2015) Energiemanagement in Küchen, Mensen und Cafeterien. Hochbauamt, Frankfurt (Main)
<http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Investive-Massnahmen/Leitlinien-wirtschaftliches-Bauen/Energieeffizienz-in-Kuechen.pdf>
- Hötker H (2016) Mündliche Mitteilung von Hermann Hötker, KUNO e. V. vom 06.07.2016
- Hoffmann C, Lauber I (2001) Gütertransporte im Zusammenhang mit dem Lebensmittelkonsum in Deutschland. Teil II: Umweltwirkungen anhand ausgewählter Indikatoren. Zeitschrift für Ernährungsökologie 2: 187-193
- Hoffmann R (2015) Fertigprodukte – Die Wahrheit über Industrie-Essen.
<http://www.stern.de/gesundheit/ernaehrung/gesunde-ernaehrung/fertigprodukte-die-wahrheit-ueber-industrie-essen-3084318.html>. Zugriff am 2016.02.01
- Hoffstetter M (2014) Dem Fleisch einen angemessenen Preis geben! Eine Überprüfung von »Steuer«-Instrumenten zur Beeinflussung von Fleischerzeugung und –verbrauch. Der kritische Agrarbericht 2014: 62-66
- Hofreither MF, Sinabell F (1998) The Austrian levy on mineral fertilisers. Selected observations. In: CRPA (Hrsg.) Proceedings of the Workshop „Economic Instruments for Nitrogen Control in European Agriculture“. Research Centre on Animal Production (CRPA), Reggio Emilia, S. 67-78
- Höglmeier K, Weber-Blaschke G, Richter K (2015) Entwicklung rohstoffgerechter Leitlinien für das Bauen mit Holz. Abschlussbericht für das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzwissenschaft, München
http://www.hfm.tum.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Projekt_Kaskadennutzung_Abschlussbericht_X38_2015_final_150926.pdf
- Hohl S, Roser D (2011) Stepping in for the polluters? Analyse und Kritik 33: 477-500
- Höhne N, Den Elzen M, Escalante D (2013) Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies. Climate Policy 14, 122-147
- Hollands GJ, Shemilt I, Marteau TM, Jebb SA, Kelly MP, Nakamura R, Suhrcke M, Ogilvie D (2013) Altering micro-environments to change population health behaviour: towards an evidence base for choice architecture interventions. BMC Public Health 13: 1218
- Holzbau Deutschland (2014) Lagebericht und Statistiken.
http://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/lagebericht_und_statistiken/
Zugriff am 2016.06.07
- home eat home (2016) Home Eat Home. Dein One-Stop-Shop für frisches Essen.
<https://www.home-eat-home.de/>.
Zugriff am 2016.06.07
- Hommeltenberg J, Mauder M, Drösler M, Heidbach K, Werle P, Schmid HP (2014) Ecosystem scale methane fluxes in a natural temperate bog-pine forest in southern Germany. Agricultural and Forest Meteorology 198–199: 273-284

- Hötker H, Leuschner C (2014) Naturschutz in der Agrarlandschaft am Scheideweg. Misserfolge, Erfolge, neue Wege. Michael Otto Stiftung für Umweltschutz, Hamburg
- Hötker H, Rasran L, Vogt K, Schrautze J (2007) Aktionsplan Feuchtwiesen. DBU, NABU, Berlin
www.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-22718.pdf
- Hristov AN, Oh J, Firkins J, Dijkstra J, Kebreab E, Waghorn G, Makkar HPS, Adesogan AT, Yang W, Lee C, Gerber PJ, Henderson B, Tricarico JM (2013) Special topics: mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science* 91: 5045-5069
- Hurmekoski E, Jonsson R, Nord T (2015) Context, drivers, and future potential for wood-frame multi-story construction in Europe. *Technological Forecasting and Social Change* 99, 181-196
- Iacovidou E, Ohandja DG, Voulvoulis N (2012) Food waste co-digestion with sewage sludge—realising its potential in the UK. *Journal of Environmental Management* 112: 267-274
- IBB (2016) Übersicht: Waste2Value.
<http://www.ibbnetzwerk-gmbh.com/de/sub-netzwerke/zim-kn-waste2value/uebersicht/>
Zugriff am 2016.04.01
- ICAO (1944) Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt (Chicagoer Abkommen). Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO), Montreal
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19440105/201408120000/0.748.0.pdf>
- IFEU (2008a) Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und –nutzung in Deutschland. Verbundprojekt gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. KFZ 0327544. Institut für Entsorgung und Umwelttechnik GmbH (IFEU), Heidelberg
- IFEU (2008b) Ökobilanz der Glas- und PET-Mehrwegflaschen im Vergleich zu PET-Einwegflaschen, im Auftrag der Genossenschaft Deutscher Brunnen, Heidelberg 2008. Institut für Entsorgung und Umwelttechnik GmbH (IFEU), Heidelberg
- INFAS, DIW (2004) Mobilität in Deutschland 2002 – Ergebnisbericht; Projekt-Nr. 70.0736/2003 in Auftrag des BMVBW. Institut für angewandte Sozialwissenschaft (INFAS) GmbH; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Bonn, Berlin
- Ingelsson M, Drake L (1999) Price elasticity of nitrogen fertilizers in Sweden. *Swedish Journal of Agricultural Research* 28: 157-165
- IPCC (2006) Introduction. In: Eggleston H, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (Hrsg.) Guidelines for national greenhouse gas inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Hayama, S. 1.1-1.21
- IPCC (2007) Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, New York
- IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report. In: Core Writing Team, Pachauri R, Meyer L (Hrsg.) Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge, UK, S. 1-151
- IPCC (2015) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Vol. 3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge
- Isermeyer F (1992) Optimaler Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft aus betriebswirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher Sicht. *Landbauforschung Völkenrode* 132: 5-20

- Isermeyer F, Forstner B, Nieberg H, Offermann F, Osterburg B, Schmidt TG, Röder N, Weingarten P (2014) Gesetzentwurf zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik. Stellungnahme im Rahmen einer öffentlichen Anhörung des Ausschusses für Ernährung und Landwirtschaft des Deutschen Bundestages am 7. April 2014. Thünen-Institut, Braunschweig
- Jackson P, Viehoff V (2016) Reframing convenience food. *Appetite* 98: 1-11
- Jaeger CC, Jaeger J (2011) Three views of two degrees. *Regional Environmental Change* 11: 15-26
- Jahn C (2010) Umwelt- und Klimabelastung der Seeschifffahrt im modalen Vergleich. <http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/334495/>. Zugriff am 2015.02.20
- Jandl R, Lindner M, Vesterdal L, Bauwens B, Baritz R, Hagedorn F, Johnson DW, Minkinen K, Byrne KA (2007) How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma* 137: 253-268
- Jandl R, Bauhus J, Bolte A, Schindlbacher A, Schüler S (2015) Effect of climate-adapted forest management on carbon pools and greenhouse gas emissions. *Current Forestry Reports* 1: 1-7
- Jandl R, Pröbstl-Haider U, Mostegl N, Pukall K (2016) Understanding and directing small-scale private forest owner behaviour towards Climate Change Adaptation, ACRP-Final Report. ACRP, Wien
- Janisch JE, Harmon ME (2002) Successional changes in live and dead wood carbon stores: implications for net ecosystem productivity. *Tree Physiology* 22: 77-89
- Janzen N (2013) Ökobilanzierung der forstlichen Produktion. Abschlussbericht. Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, Hamburg
- Jochem D, Weimar H, Bösch M, Mantau U, Dieter M (2015) Estimation of wood removals and fellings in Germany: a calculation approach based on the amount of used roundwood. *European Journal of Forest Research* 134: 869-888
- Johnson B (2003) Ethical obligations in a Tragedy of the Commons. *Environmental Values* 12: 271-87
- Johnson EJ, Goldstein D (2003) Do defaults save lives? *Science* 302: 1338-1339
- Johnson KA, Johnson DE (1995) Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science* 73: 2483-2492
- Johnston AE, Poulton PR, Coleman K (2009) Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy* 101: 1-57
- Joosten H (2010) The global peatland CO₂ picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. Wetlands International, Wageningen
<http://www.wetlands.org/WatchRead/tabid/56/mod/1570/articleType/ArticleView/articleId/2418/The-Global-Peatland-CO2-Picture.aspx>
- Jörissen J, Priefer C, Bräutigam KR (2015) Food waste generation at household level: results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany. *Sustainability* 7: 2695-2715
- JRC (2015) Energy use in the EU food sector: State of play and opportunities for improvement. In: Monforti-Ferrario F, Pinedo Pascua I (Hrsg.) Joint Research Center Science and Policy Report. Report EUR 27247 EN. Joint Research Center (JRC), Ispra
- Jungbluth N (2000) Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums. Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz. Verlag dissertation.de, Berlin
<http://www.oeko.de/oekodoc/80/2000-012-de.pdf>
- Jungbluth N, Itten R, Stucki M (2012) Umweltbelastungen des privaten Konsums und Reduktionspotenziale. ESU-services, Uster

- Jungbluth N, König A (2014) Ökobilanz Trinkwasser: Analyse und Vergleich mit Mineralwasser sowie anderen Getränken. ESU-Services, Zürich.
<http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/jungbluth-2014-Artikel-OEkobilanz-Trinkwasser.pdf>
- Jungkunst HF, Flessa H, Scherber C, Fiedler S (2008) Groundwater level controls CO₂, N₂O and CH₄ fluxes of three different hydromorphic soil types of a temperate forest ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* 40:2047-54
- Junker F, Gocht A, Marquardt S, Osterburg B, Stichnothe H (2015) Biofuel sustainability requirements - the case of rapeseed biodiesel. *German Journal of Agricultural Economics* 64: 274-285
- Kahneman D (2011) *Thinking, fast and slow*. Farrar, Strauss, Giroux, New York
- Karnein A (2014) Putting fairness in its place: why there is a duty to take up the slack. *Journal of Philosophy* 111: 593-607
- Kayser M, Benke M, Isselstein J (2011) Little fertilizer response but high N loss risk of maize on a productive organic-sandy soil. *Agronomy for sustainable development* 31: 709-718
- Keenan RJ, Reams GA, Achard F, de Freitas JV, Grainger A, Lindquist E (2015) Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management* 352: 9-20
- Kehlbacher A, Tiffin R, Briggs A, Berners-Lee M, Scarborough P (2016) The distributional and nutritional impacts and mitigation potential of emission-based food taxes in the UK. *Climatic Change* 10.1007/s10584-016-1673-6
- Keller KL, Kuilema LG, Lee N, Yoon J, Mascaro B, Combes A-L, Deutsch B, Sorte K, Halford JC (2012) The impact of food branding on children's eating behavior and obesity. *Physiology & Behavior*, 106: 379-386
- Keller M (2010) Flugimporte von Lebensmitteln und Blumen nach Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag der Verbraucherzentralen im Rahmen der Gemeinschaftsaktion „Nachhaltige Ernährung“: Verbraucherzentralen Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Saarland und Schleswig-Holstein, Frankfurt am Main
<https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/mediabig/165531A.pdf>
- Keller M, Waskow F (2012) Flugtransporte von Lebensmitteln nach Deutschland. *Ernährung im Fokus* 2012: 230-236
- Kersting M, Alexy U, Schürmann S (2016) Critical dietary habits in early childhood: Principles and practice. *World Review of Nutrition and Dietetics* 115: 24-35
- Kill J (2015) Who takes the credit? REDD+ in a post-2020 UN climate agreement. TWN, Fern, Genf, Brüssel
<http://www.fern.org/whotakesthecredit>
- Kirchmann H, Kätterer T, Bergström L, Börjesson G, Bolinder MA (2016) Flaws and criteria for design and evaluation of comparative organic and conventional cropping systems. *Field Crops Research* 186: 99-106
- Kjer O, Kramer P, Müller-Reißmann K-F, Schaffner J, Simon K-H, Zehr M, Zerger U, Kaspar F, Bosel H, Meier-Ploeger A, Vogtmann H (1994) *Landwirtschaft und Ernährung. Teilbericht A: Quantitative Analysen und Fallstudien. Band 1: Landwirtschaft, Teilband 2*. Economica-Verlag, Bonn
- Klasmann-Deilmann (2013) *Nachhaltigkeitsbericht 2013*. Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste
- Klein D, Schulz C (2012) *Die Kohlenstoffbilanz der bayerischen Forst- und Holzwirtschaft. Abschlussbericht*. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising

- Knapp JR, Laur GL, Vadas PA, Weiss WP, Tricarico JM (2014) Enteric methane in dairy cattle production: quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science* 97: 3231-3261
- Knauf M, Frühwald A (2013) Beitrag des NRW Clusters ForstHolz zum Klimaschutz. Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen, Münster
- Knohl A, Schulze E-D, Kolle O, Buchmann N (2003) Large carbon uptake by an unmanaged 250-year-old deciduous forest in central Germany. *Agricultural and Forest Meteorology* 118: 151-167
- Kochhaus (2016) Kochhaus. <http://www.kochhaus.de/>. Zugriff am 2016.06.07
- Kochzauber (2016) Kochzauber. http://www.kochzauber.de/?wt_ga01=6045111112_53118361432&wt_gk01=_6045111112_kochzauber. Zugriff am 2016.06.07
- Koebisch F, Jurasinski G, Koch M, Hofmann J, Glatzel S (2015) Controls for multi-scale temporal variation in ecosystem methane exchange during the growing season of a permanently inundated fen. *Agricultural and Forest Meteorology* 204: 94-105
- Koester U (2015) Reduction of food loss and waste: an exaggerated agitation. *EuroChoices* 14: 34-38
- Köhl M, Frühwald A, Kenter B, Olschofsky K, Köhler R, Köthke M, Rüter S, Pretzsch H, Rötzer Th, Makeschin F, Abiy M, Dieter M (2009) Potenzial und Dynamik der Kohlenstoffspeicherung in Wald und Holz: Beitrag des deutschen Forst- und Holzsektors zum Klimaschutz. Braunschweig: Landbau-forschung (vTI Agriculture and Forestry Research) Sonderheft 327: 103-109
- Köhler S (2008) Entwicklung des Konsums von ökologisch erzeugten Lebensmitteln in Bayern – dargestellt am Vergleich von Konsumentenbefragungen aus den Jahren 2004, 1998 und 1992. Dissertation. Technische Universität, München
- Köhne M, Wesche R (1995) Landwirtschaftliche Steuerlehre. 3. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- König H (2012) Bauen mit Holz als aktiver Klimaschutz. In: Kaufmann H, Nerdinger W (Hrsg.) Bauen mit Holz. Wege in die Zukunft. Prestel Verlag, München, S. 18-39
- Köthke M, Schröppel B, Elsasser P (2014) National REDD+ reference levels deduced from the global deforestation curve. *Forest Policy and Economics* 43: 18-28
- Kranert M, Hafner G, Barabosz J, Schneider F, Lebersorger S, Scherhauser S, Schuller H, Leverenz D (2012) Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart (ISWA), Institut für Abfallwirtschaft der Universität der Bodenkultur Wien (BOKU), Stuttgart, Wien
- Krems C, Walter C, Heuer T, Hoffmann I (2013) Nationale Verzehrsstudie II. Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr auf Basis von 24h-Recalls. MRI, Karlsruhe https://openagrar.bmel-forschung.de/servlets/MCRFileNodeServlet/Document_derivate_00004780/S1806.pdf
- Krimly T, Angenendent E, Bahrs E, Dabbert S (2016) Global warming potential and abatement costs of different peatland management options: a case study for the Pre-alpine Hill and Moorland in Germany. *Agricultural Systems* 145: 10.1016/j.agsy.2016.02.009
- Kroiher F, Oehmichen K (2010) Das Potenzial der Totholzakkumulation im deutschen Wald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 161: 171-180
- Krug J, Rock J, Stümer W, Dunger K, Riedel T, Rüter S (2011) The German reference level for FM - Background Paper. Thünen-Institut, Hamburg, Eberswalde

- KTBL (2006) Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. KTBL-Schrift 446. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Braunschweig
- KTBL, ZINEG (2014) Die Produktion in Niedrigenergiegewächshäusern ist planzenbaulich möglich und wirtschaftlich sinnvoll. Fachsymposium. Berlin, 24.-25.09. 2014. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Zunkunftsinitiative Niedrigenergiegewächshaus (ZINEG), Braunschweig, Berlin
- Kullgren JT, Troxel AB, Loewenstein G, Asch DA, Norton LA, Wesby L, Yuanyuan T, Zhu J, Volpp KG (2013) Individual-versus group-based financial incentives for weight loss: a randomized, controlled trial. *Annals of Internal Medicine* 158: 505-514
- Küstermann B, Kainz M, Hülsbergen K-J (2008) Modelling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23: 38-52
- LABO (2010) Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), o. O. https://www.labo-deutschland.de/documents/UMK-Bericht_98a.pdf
- LABO (2012) Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), o. O. https://www.labo-deutschland.de/documents/1_Anlage_LABO_Reduzierung_der_Flaecheninanspruchnahme_f11.PDF
- Ladegaard-Pedersen P, Elberling B, Vesterdal L (2005) Soil carbon stocks, mineralization rates, and CO₂ effluxes under 10 tree species on contrasting soil types. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 1277-1284
- Lamersdorf N, Bielefeldt J, Bolte A, Busch G, Dohrenbush A, Knust C, Kroiher F, Schulz U, Stoll B (2008) Naturverträglichkeit von Agrarholzplantagen. Erste Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. *Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung* 6: 19-32
- Lampe, C, Dittert K, Sattelmacher B, Wachendorf M, Loges R, Taube F (2006) Sources and rates of nitrous oxide emissions from grazed grassland after application of ¹⁵N-labelled mineral fertilizer and slurry. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 2602-2613
- Langbehn C, Stalb H (1987) Entwicklungen in der pflanzlichen Produktion und deren Umweltrelevanz. *Schriften der GeWiSoLa* 23: 87-107
- Langeveld H, Quist-Wessel F, Dimitriou I, Aronsson P, Baum C, Schulz U, Bolte A, Baum S, Köhn J, Weih M, Gruss H, Leinweber P, Lamersdorf N, Schmidt-Walter P, Berndes G (2012) Assessing environmental impacts of Short Rotation Coppice (SRC) expansion: model definition and preliminary results. *BioEnergy Research* 5: 621-635
- LANUV (2011) Grobscreening zur Typisierung von Produktgruppen im Lebensmittelbereich in Orientierung am zu erwartenden CO₂e-Fußabdruck. LANUV-Fachbericht 29. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV), Recklinghausen
- Lappé A (2010) *Diet for a hot planet*. Bloomsbury, New York
- Latacz-Lohmann U, Schulz N (2013) Welches Greening für welchen Betrieb? *top agrar* (9/2013): 38-43
- Laurila T, Aurela M, Tuovinen J-P (2012) Eddy Covariance measurements over wetlands. In: Aubinet M, Vesala T, Papale D (Hrsg.) *Eddy Covariance: a practical guide to measurement and data analysis*. Springer Netherlands, Dordrecht, S. 345-364

- Leberl P, Finger T, Hayler R, Steingaß H, Drochner W (2004) Einsatzmöglichkeiten von Fetten, Tanninen und Futtermitteln mit niedriger ruminaler Abbaubarkeit zur Reduzierung der Methanemission beim Wiederkäuer. In: Pen A (Hrsg.) Proceedings of the 13th Conference on Nutrition of Domestic Animals, 2004, Zdravec-Erjavec Days, Radenci/Slowenien, S. 142-151
- Lee W-C, Kuan W-C (2015) Miscanthus as cellulosic biomass for bioethanol production. *Biotechnology Journal* 10: 840-854
- Leip A, Weiss F, Wassenaar T, Perez I, Fellmann T, Loudjani P, Tubiello F, Grandgirard D, Monni S, Bieala K (2010) Evaluation of the livestock sectors' contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS). Final report. EK, JRC, Ispra
- Leip A, Weiss F, Lesschen JP, Westhoek H (2014) The nitrogen footprint of food products in the European Union. *The Journal of Agricultural Science* 152 (S1): 20-33
- Leontief W (1936) Quantitative input and output relations in the economic system of the United States. *Review of Economics and Statistics* 18: 105-125
- Leuenberger M, Jungbluth N, Büsser S (2010) Environmental impact of canteen meals: comparison of vegetarian and meat based recipes. ESU-Services, Uster
- Levy DT, Currie L, Clancy L (2012) Tobacco control policy in the UK: blueprint for the rest of Europe? *European Journal of Public Health* 23: 201-206
- LfU (2010) Moorrenaturierung kompakt – Handlungsschlüssel für die Praxis. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg
- LfULG (2011) Spermasexing bei Milchrindern. Schriftenreihe des LfULG, Heft 23/2011: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Dresden
- Libra JA, Ro KS, Kammann C, Funke A, Berge ND, Neubauer Y, Titirici MM, Fühner C, Bens O, Kern J (2011) Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Biofuels* 2, 89-124
- Lieback, JU, Schumacher S (2010) Trink Wasser! GUTcert, o. O
<https://www.gut-cert.de/files/content/download/Wasserartikel.pdf>
- Linsler D, Geisseler D, Loges R, Taube F, Ludwig B (2013) Temporal dynamics of soil organic matter composition and aggregate distribution in permanent grassland after a single tillage event in a temperate climate. *Soil and Tillage Research* 126: 90-99
- LLUR (2012) Potentiale und Ziele zum Moor- und Klimaschutz. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR), Flintbek
<https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/moore/moorresolution.pdf>
- Loges R, Kelm M, Taube F (2006) Nitrogen balances, nitrate leaching and energy efficiency of conventional and organic farming systems on fertile soils in Northern Germany. *Advances in GeoEcology* 38: 407-401
- Long MW, Gortmaker SL, Ward ZJ, Resch SC, Moodie ML, Sacks G, Swinburn BA, Carter RC (2015) Cost effectiveness of a sugar-sweetened beverage excise tax in the U.S. *American Journal of Preventive Medicine* 49: 112-123
- Lundmark T, Bergh J, Hofer P, Lundström A, Nordin A, Poudel B, Sathre R, Taverna R, Werner F (2014) Potential roles of Swedish Forestry in the context of climate change mitigation. *Forests* 5: 557-578

- Luyssaert S, Schulze ED, Börner A, Knohl A, Hessenmoller D, Law BE, Ciais P, Grace J (2008) Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455: 213-215
- Lynch D, MacRae R, Martin R (2011) The carbon and global warming potential impacts of organic farming: does it have a significant role in an energy constrained world? *Sustainability* 3: 322-362
- Macdiarmid JL (2014) Seasonality and dietary requirements: Will eating seasonal food contribute to health and environmental sustainability? *Proceedings of the Nutrition Society* 73: 368-375
- Machmüller A, Sundrum A (2015) Betriebliche Stickstoffüberschüsse erst durch systemische Analyse ziel-führend absenkbar. *Landbauforschung* 65: 171-192
- MacLeod M, Eory V, Gruère G, Lankoski J (2015) Cost-effectiveness of greenhouse gas mitigation measures for agriculture: a literature review. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers* 89. OECD, Paris
- magazin-restkultur (2014) Zu gut für die Tonne – ein Gespräch. <http://www.magazin-restkultur.de/zu-gut-fuer-die-tonne/>. Zugriff am 2016.05.09
- Maljanen M, Sigurdsson B, Guomundsson J, Oskarsson H, Huttunen J, Martikainen P, (2010) Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries—present knowledge and gaps. *Biogeosciences* 7, 2711-2738
- Mantau U (2012) Holzrohstoffbilanz Deutschland, Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung 1987-2015. INFRO Informationssysteme für Rohstoffe und Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Hamburg. http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn051281.pdf
- Mantau U (2015) Die überragende Bedeutung des Nadelholzes – der Laubholz-Irrweg. *AFZ-Der Wald* 17: 24-26
- Mantau U, Kaiser C (2013) Konjunkturelle Entwicklungen im Bauwesen und künftige Marktchancen im Holzbau. In: Weimar H, Jochem D (Hrsg.) *Holzverwendung im Bauwesen. Eine Marktstudie im Rahmen der "Charta für Holz"*. Thünen-Institut, Hamburg, S. 93-120
- Mantau U, Saal U, Prins K, Steierer F, Lindner M (2010) *EUwood – real potential for changes in growth and use of EU forests: Final report*. EUwood, Hamburg
- Mantau U, Weimar H, Kloock T (2012) *Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommen und Vertriebsstruktur 2010. Abschlussbericht*. Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft, Universität Hamburg, Hamburg
- Marland G, Schlamadinger B (1997) Forests for carbon sequestration or fossil fuel substitution? A sensitivity analysis. *Biomass and Bioenergy* 13: 389-397
- Marley Spoon (2016) Marley Spoon. <https://www.marleyspoon.de/>. Zugriff am 2016.06.07
- Marteau TM, Hollands GJ, Fletcher PC (2012) Changing human behavior to prevent disease: the importance of targeting automatic processes. *Science*, 337: 1492-1495
- Marteau TM, Ogilvie D, Roland M, Suhrcke M, Kelly MP (2011) Judging nudging: can nudging improve population health? *BMJ* 342: d228
- Martinez J (2016) Art. 40 Rn. In: Calliess C, Ruffert M (Hrsg.) *EUV/AEU. Das Verfassungsrecht der Europäischen Union mit Europäischer Grundrechtecharta. Kommentar*. C. H. Beck, München, S. 73 ff.
- Mather AS (1992) The forest transition. *Area* 24: 367-379
- McAuliffe GA, Chapman DV, Sage CL (2016) A thematic review of life cycle assessment (LCA) applied to pig production. *Environmental Impact Assessment Review* 56, 12-22

- MCPFE (2003) Improved Pan-European Indicators for Sustainable Forest Managements adopted by the MCPFE Expert Level Meeting 7-8 October 2002, Vienna, Austria. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe (MCPFE) Liaison Unit, Wien
- Meier T (2013) Umweltwirkungen der Ernährung auf Basis nationaler Ernährungserhebungen und ausgewählter Umweltindikatoren. Dissertation. Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale). <http://digital.bibliothek.uni-halle.de/id/1452133>
- Meier T (2014a) Umweltschutz mit Messer und Gabel. Der ökologische Rucksack der Ernährung in Deutschland. oekom-Verlag, München
- Meier T (2014b) susDISH – Methodenbeschreibung zur Bilanzierung gesundheitlicher, ökologischer und wirtschaftlicher Leistungen in der Gastronomie. Institut der Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale)
- Meier T (2015) Sustainable nutrition between the poles of health and environment. Potentials of altered diets and avoidable food losses. *Ernährungs Umschau international* 02: 22-33
- Meier T, Christen O (2012) Gender as a factor in an environmental assessment of the consumption of animal and plant-based foods in Germany. *International Journal of Life Cycle Assessment* 17: 550-564
- Meier T, Christen O (2013) Environmental impacts of dietary recommendations and dietary styles: Germany as an example. *Environmental Science and Technology* 47: 877-888
- Meier T, Christen O, Semler E, Jahreis G, Voget-Kleschin L, Schrode A, Artmann M (2014) Balancing virtual land imports by a shift in the diet using a land balance approach to assess the sustainability of food consumption. Germany as an example. *Appetite* 74: 20-34
- Meier T, Senftleben K, Deumelandt P, Christen O, Riedel K, Langer M (2015) Healthcare costs associated with an adequate intake of sugars, salt and saturated fat in Germany: a health econometrical analysis. *Plos One* 10: e0135990
- Memmler M, Schrempf L, Hermann S, Schneider S, Pabst J, Dreher M (2014) Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013. *Climate Change* 29/2014. UBA, Dessau-Roßlau
- Merten K (2015) Kommunikation und Persuasion. In: Fröhlich R, Szyszka P, Bentele G (Hrsg.) *Handbuch der Public Relations: Wissenschaftliche Grundlagen und berufliches Handeln*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 385-398
- Metson GS, Bennett EM, Elser JJ (2012) The role of diet in phosphorus demand. *Environmental Research Letters* 7: 044043
- Metzger C, Jansson PE, Lohila A, Aurela M, Eickenscheidt T, Beilelli-Marchesini L, Dinsmore KJ, Drewer J, van Huissteden J, Drösler M (2015) CO₂ fluxes and ecosystem dynamics at five European treeless peatlands – merging data and process oriented modeling. *Biogeosciences* 12: 125-146
- Meyer P, Blaschke M, Schmidt M, Sundermann M, Schulte U (2016) Wie entwickeln sich Buchen- und Eichen-FFH-Lebensraumtypen in Naturwaldreservaten? *Naturschutz und Landschaftsplanung* 48: 5-14
- Michaud C, Llerena D, Joly I (2012) Willingness to pay for environmental attributes of non-food agricultural products: a real choice experiment. *European Review of Agricultural Economics* 10.1093/erae/jbs025

- MKRO (2016) Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland. Ministerkonferenz der Raumordnung (MKRO), o. O.
http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Raumentwicklung/41-mkro-beschluss-leitbilder.pdf?__blob=publicationFile
- Möckel S, Köck W, Rutz C, Schramek J (2014) Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft, UBA/Texte 42/2014. UBA, Deslau-Roßlau
- Mohlin K (2013) Essays on environmental taxation and climate policy. Dissertation. Universität Gothenburg, Gothenburg
- Möhring B, Wilhelm S (2015) Nadelholz – ökonomische Basis für Forstbetriebe. AFZ/Der Wald 17: 20-23.
- Mondelaers K, Aertsens J, van Huylenbroeck G (2009) A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal* 111: 1098-1119
- Monsivais P, Scarborough P, Lloyd T, Mizdrak A, Luben R, Mulligan AA, Wareham NJ, Woodcock J (2015) Greater accordance with the dietary approaches to stop hypertension dietary pattern is associated with lower diet-related greenhouse gas production but higher dietary costs in the United Kingdom. *The American Journal of Clinical Nutrition* 102: 138-145
- Moor Futures (2016) Polder Kieve (Mecklenburg-Vorpommern). Wiedervernässung eines bislang hauptsächlich zur Beweidung und Mahd genutzten Gebietes im Süden des Landkreises Mecklenburgische Seenplatte. <http://www.moorfutures.de/projekte/mecklenburg-vorpommern/>
Zugriff am 2016.06.13
- MRI (2008) Nationale Verzehrstudie II, Ergebnisteil 1 und 2. Max Rubner-Institut (MRI), Karlsruhe
- Mühlenhoff J, Kajimura R, Boenigk N (2014) Holzenergie in Deutschland. Status Quo und Potentiale. *Renews Spezial. Sonderausgabe Februar 2014*. Agentur für Erneuerbare Energien e. V., Berlin
http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/317.Renews_Spezial_Holzenergie_Japan_DE_Mar14.pdf
- MULEWF-RLP (2014) Nachhaltige Ernährung. Was unser Essen mit Klimaschutz und Welternährung zu tun hat. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (MULEWF-RLP), Mainz
- Müller-Lindenlauf M, Zipfel G, Rettenmaier N, Gärtner S, Münch J, Paulsch D, Reinhardt G (2013) CO₂-Fußabdruck und weitere Umweltwirkungen von Gemüse aus Baden-Württemberg. Endbericht im Auftrag der Marketinggesellschaft Baden-Württemberg mbH (MBW). Heidelberg
http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/IFEU-MBW_Gemuese_Bericht_2013-final.pdf
- Mund M, Frischbier N, Profft I, Raacke J, Richter F, Ammer C (2015) Klimaschutz des Wald- und Holzsektors: Schutz- und Nutzungsszenarien für drei Modellregionen in Thüringen. BfN Skripte 396. BfN, Bonn
- NABU (2009) Moore – Lebensräume mit hoher Bedeutung für Natur- und Klimaschutz. Positionspapier des NABU, 11/2009. Naturschutzbund Deutschland e. V (NABU), Berlin
- Nabuurs GJ, O Masera K, Andrasko P, Benitez-Ponce, R. Boer M, Dutschke E, Elsiddig J, Ford-Robertson P, Frumhoff T, Karjalainen O, Krankina WA, Kurz M, Matsumoto W, Oyhantcabal NH, Ravindranath MJ, Sanz Sanchez MJ, Zhang X (2007) Forestry. In: Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA (Hrsg.) *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC)*, Cambridge University Press, Cambridge

- Nässén J, Andersson D, Larsson J, Holmberg J (2015) Explaining the variation in greenhouse gas emissions between households: socioeconomic, motivational, and physical factors. *Journal of Industrial Ecology* 19: 480-489
- Neff RA, Spiker ML, Truant PL (2015) Wasted food: U.S. consumers' reported awareness, attitudes, and behaviors. *PLoS ONE* 10 (6) e0127881
- Nemecek T, Dubois D, Huguenin-Elie O, Gaillard G (2011) Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agriculture Systems* 104: 217-232
- Nepstad D, McGrath D, Stickler C, Alencar A, Azevedo A, Swette B, Bezerra T, DiGiano M, Shimada J, Seroa da Motta R, Armijo E, Castello L, Brando P, Hansen MC, McGrath-Horn M, Carvalho O, Hess L (2014) Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *Science* 344: 1118-1123
- Neubert FP, Zimmermann K, Boll T, Bergfeld A (2012) Chancen und Hemmnisse zum weiteren Ausbau von Kurzumtriebsplantagen in Deutschland. Ergebnisse einer Online Befragung zu Kurzumtriebsplantagen im Rahmen des Forschungsvorhabens AgroForNet im Sommer 2012. AgroForNet, Hamburg
http://www.green-logistics.iff.fraunhofer.de/biologic/_media/neubert_et_al._2013_-_feedback_umfrage.pdf
- Newsome R, Balestrini CG, Baum MD, Corby J, Fisher W, Goodburn K, Labuza TP, Prince G, Thesmar HS, Yiannas F (2014) Applications and perceptions of date labeling of food. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 13: 745-769
- Nicklis M (1991) Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft, Umweltwirkungen und umweltpolitische Maßnahmen. *Europäische Hochschulschriften V/1189*, Frankfurt (Main)
- Niebylski ML, Redburn KA, Duhaney T, Campbell NR (2015) Healthy food subsidies and unhealthy food taxation: a systematic review of the evidence. *Nutrition* 31: 787-795
- Nienhaus B, Knickel K (2004) Ökologische Finanzreform in der Landwirtschaft. Situation, Bewertung und Handlungsempfehlungen. Studie im Auftrag der Gregor Louisöder Umweltstiftung, des Fördervereins Ökologische Steuerreform e. V. (FÖS) und des Naturschutzbund Deutschland e. V., Bonn. <https://www.nabu.de/landwirtschaft/oekofinanzreform.pdf>
- Nishino N, Akai K, Tamura H (2014) Product differentiation and consumer's purchase decision-making under Carbon Footprint scheme. *Procedia CIRP* 16: 116-121
- NL Agency (2011) LTA: Long-Term Agreements on energy efficiency in the Netherlands. Ministerium für Wirtschaft, Landwirtschaft und Innovation, den Haag.
https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/2MJAP1171_Long_Term_Agreements.pdf
- Noleppa S, Carlsburg V (2015) Das grosse Wegschmeissen. WWF, Berlin.
http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Das_grosse_Wegschmeissen.pdf
- O'Brien, D, Shalloo L, Patton J, Buckley F, Grainger C, Wallace M (2012) A Life Cycle Assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agricultural Systems* 107: 33-46
- OECD (2016a) OECD-FAO Agricultural Outlook 1970-2024. OECD database. Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), Paris. <https://data.oecd.org/>
- OECD (2016b) US GDP Deflator (unveröffentlichte Daten). Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), Paris

- Oehmichen K, Demant B, Dunger K, Grüneberg E, Hennig P, Kroiher F, Neubauer M, Polley H, Riedel T, Rock J, Schwitzgebel F, Stümer W, Wellbrock N, Ziche D, Bolte A (2008) Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald. Sonderheft 343. Thünen-Institut, Braunschweig.
http://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn048141.pdf
- Offermann F, Banse M, Deblitz C, Gocht A, Gonzalez-Mellado A, Kreins P, Marquard S, Osterburg B, Pelikan J, Rösemann C, Salamon P, Sanders J (2016) Thünen-Baseline 2015 – 2025: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Thünen-Report 40. Thünen-Institut, Braunschweig.
https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen-Report_40.pdf
- Offermann F, Nieberg H (2000) Economic performance of organic farms in Europe. Organic Farming Europe 5. Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Stuttgart-Hohenheim
- Öko-Institut, dti (2012) Ergebnisbericht. Vergleich von Angebotsformen und Identifikation der Optimierungspotentiale für ausgewählte Tiefkühlprodukte. Öko-Institut e. V., Deutsches Tiefkühlinstitut e. V., Freiburg, Berlin
- Onozaka Y, Hu W, McFadden DT (2012) Market-based innovations to alter environmental outcomes: can Eco-labeling affect carbon emissions? Working Paper. o .O.
- Osterburg B, Runge T (2007) Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 307
- Osterburg B, Nieberg H, Rüter S, Isermeyer F, Haenel H-D, Hahne J, Krentler J-G, Paulsen H, Schuchardt F, Schweinle J, Weiland P (2009) Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Thünen-Institut, Braunschweig, Hamburg
http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/bitv/dk041942.pdf
- Osterburg B, Rüter S, Freibauer A, De Witte T, Elsasser P, Kätsch S, Leischner B, Paulsen HM, Rock J, Röder N, Sanders J, Schweinle J, Steuk J, Stichnothe H, Stümer W, Welling J, Wolff A (2013a) Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft. Thünen Report 11. Thünen-Institut, Braunschweig
http://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn052858.pdf
- Osterburg B, Kätsch S, Wolff A (2013b) Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Thünen Report 13. Thünen-Institut, Braunschweig
<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/196670/2/dn052919.pdf>
- Overbeck M, Schmidt M (2012) Modelling infestation risk of Norway spruce by *Ips typographus* (L.) in the Lower Saxon Harz Mountains (Germany). *Forest Ecology and Management* 266: 115-125
- Oxfam Deutschland (2012) Die Doha-Diät – klimaschonend essen.
<https://www.oxfam.de/ueber-uns/aktuelles/5-dezember-2012-1507-doha-diaet-klimaschonend-essen>. Zugriff am 2016.06.02
- Pan YD, Birdsey RA, Fang JY, Houghton R, Kauppi PE, Kurz WA, Phillips OL, Shvidenko A, Lewis SL, Canadell JG, Ciais P, Jackson RB, Pacala SW, McGuire AD, Piao SL, Rautiainen A, Sitch S, Hayes D (2011) A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333: 988-993
- Parfitt J, Barthel M, Macnaughton S (2010) Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 365: 3065-3081
- Pelikan J, Britz W, Hertel TW (2015) Green light for green agricultural policies? An analysis at regional and global scales. *Journal of Agricultural Economics* 66: 1-19
- Pfadenhauer J, Klötzli F (1996) Restoration experiments in middle European wet terrestrial ecosystems: an overview. *Vegetation* 126: 101–15

- Pfeiffer S, Oestreicher E, Ritter T (2016) Hidden end neglected: food Poverty in the global north – the case of Germany. *World Review of Nutrition and Dietetics* 115: 16-23
- Pietzner B, Koblenz B, Rücknagel J, Bischoff J, Schrödter M, Tauchnitz N, Meißner R, Christen O (2015) Auswirkung von Gülle Strip Till und ganzflächiger Gülleapplikation auf die NH₃- und N₂O-Emissionen. Jahrestagung der DBG, München
- Pistorius T (2007) Die Bedeutung von Kohlenstoffbilanzen im Diskurs über die Einbindung der Forstwirtschaft in die nationale Klimapolitik. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau
- Platßmann S, Hamm U (2009) Kaufbarriere Preis? – Analyse von Zahlungsbereitschaft und Kaufverhalten bei Öko-Lebensmitteln. Abschlussbericht des Forschungsprojekts 06OE119 des Bundesprogramms Ökologischer Landbau. Universität Kassel, Witzenhausen
http://orgprints.org/15745/1/15745-06OE119-uni_kassel-hamm-2009-kaufbarriere_preis.pdf
- Poeplau C, Don A, Vesterdal L, Leifeld J, Van Wesemael BAS, Schumacher J, Gensior A (2011) Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology* 17: 2415-2427
- Powlson DS, Stirling CM, Thierfelder C, White RP, Jat ML (2016) Does conservation agriculture deliver climate change mitigation through soil carbon sequestration in tropical agro-ecosystems? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 220: 164-174
- Poyda A (2015) Klimarelevanz futterbaulich genutzter Niedermoorböden in Schleswig-Holstein. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- Poyda A, Reinsch T, Kluß C, Loges R, Taube F (2016) Greenhouse gas emissions from fen soils used for forage production in Northern Germany. *Biogeosciences Discussions* 2016: 1-53
- Pregitzer KS, Euskirchen ES (2004) Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. *Global Change Biology* 10: 2052-2077
- Prietzl J, Bachmann S (2012) Changes in soil organic C and N stocks after forest transformation from Norway spruce and Scots pine into Douglas fir, Douglas fir/spruce, or European beech stands at different sites in Southern Germany. *Forest Ecology and Management* 269: 134-148
- Qin J, Yang Y, Jiang J, Yi Z, Xiao L, Ai X, Chen Z (2012) Comparison of lignocellulose composition in four major species of *Miscanthus*. *African Journal of Biotechnology* 11: 12529-12537
- Quantis (2012) Comparative Life Cycle Assessment of horticultural growing media based on peat and other growing media constituents. Final report. Quantis, Lausanne
http://www.epagma.eu/sites/default/files/documents/epagma_growing-media-lca_final-report_2012-01-17_quantis.pdf
- Quested TE, Marsh E, Stunell D, Parry AD (2013) Spaghetti soup: the complex world of food waste behaviours. *Resources, Conservation and Recycling* 79: 43-51
- Radov D, Klevnas P, Skurray J (2007) Market mechanisms for reducing GHG emissions from Agriculture, Forestry and Land Management. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), London
- Raghunathan R, Naylor RW, Hoyer WD (2006) The unhealthy = tasty intuition and its effects on taste inferences, enjoyment, and choice of food products. *Journal of Marketing* 70: 170-184
- Rahmann G, Aulrich K, Barth K, Böhm H, Koopmann R, Oppermann R, Paulsen HM, Weißmann F (2008) Klimarelevanz des Ökologischen Landbaus. *Stand des Wissens. Landbauforschung Völkenrode* 58: 71-89

- Ranke HG (2009) Wässrige Phase aus der HTC: Zusammensetzung und Abbaubarkeit. Vortrag auf der Veranstaltung zur Hydrothermalen Carbonisierung am 5. März 2009, o. O
- Regionalfenster (2015) Regionen. <http://www.regionalfenster.de/25.html>. Zugriff am 2016.01.12
- Reif A, Brucker R, Kratzer R, Schmiedinger A, Bauhus J (2010) Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus Sicht des Naturschutzes. BfN, Bonn
- Reijs JW (2007) Improving slurry by diet adjustments: a novelty to reduce N losses from grassland based dairy farms. Dissertation. Wageningen University, Wageningen
- Reinhardt G, Gärtner S, Münch J, Häfele S (2009) Ökologische Optimierung regional erzeugter Lebensmittel: Energie und Klimagasbilanzen. IFEU, Heidelberg
http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/Langfassung_Lebensmittel_IFEU_2009.pdf
- Reinhold G, Gödeke K (2013) Untersuchungen zum Restgaspotential landwirtschaftlicher Biogasanlagen. VDI 7. Fachtagung Biogas 2013, Energie der Zukunft am 11.07.2013 in Nürtingen. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena. www.tll.de/ainfo/pdf/gasp0613.pdf
- Reinsch (geb. Biegemann) T, Kluß C, Loges R, Taube F (2014) Einfluss von Grünlanderneuerungen auf die THG-Emissionen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 26: 152-155
- Renner B (2015) Ernährungsverhalten 2.0. Veränderungen durch explizite und implizite Interventionen. *Ernährungsumschau* 1 (2015): 178-180
- Renner B, Schupp H (2011) The perception of health risks. In: Friedman H (Hrsg.) *Oxford Handbook of Health Psychology*, Oxford Library of Psychology. Oxford University Press, New York, S. 637-665
- Renner B, Gamp M (2014) Psychologische Grundlagen der Gesundheitskommunikation. In: Hurrelmann K, Baumann E (Hrsg.) *Handbuch Gesundheitskommunikation*. Verlag Hans Huber, Bern, S. 64-80
- Richter M, Boeing H, Grünewald-Funk D, Heseke H, Kroke A, Leschik-Bonnet E, Oberitter H, Strohm D, Watzl B (2016) Vegane Ernährung. Position der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). *Ernährungsumschau International* 2016: 92-102
- Robinson TN, Borzekowski DL, Matheson DM, Kraemer HC (2007) Effects of fast food branding on young children's taste preferences. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 161: 792-797
- Rock J (2008) Klimaschutz und Kohlenstoff in Holz: Vergleich verschiedener Strategien. Dissertation. Universität Potsdam, Potsdam
- Rock J (2012) Holznutzung und Klimaschutz: Klimaschutz- versus Biodiversitätsziele? In: Hennenberg K, Marggraff V, Luick R, Stein S (Hrsg.) *Biodiversitätsziele bei der energetischen Waldholznutzung als Beitrag zur Nachhaltigkeit – Workshop*. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn, S. 94-105
- Rock J (2013:) Holznutzung und Klimaschutz: Klimaschutz- versus Biodiversitätsziele? In: Hennenberg K, Marggraff V, Luick R, Stein S (Hrsg.) *Biodiversitätsziele bei der energetischen Waldholznutzung als Beitrag zur Nachhaltigkeit*. BfN-Skripten 330. BfN, Bonn, S. 94-105
- Rock J, Bolte A (2011) Auswirkungen der Waldbewirtschaftung 2002 bis 2008 auf die CO₂-Bilanz. *AFZ/Der Wald* 66: 22-24
- Röder N, Grützmacher F (2012) Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren – Vermeidungskosten und Anpassungsbedarf. *Natur und Landschaft* 87: 56-61
- Röder N, Osterburg B (2012a) The impact of map and data resolution on the determination of the agricultural utilisation of organic soils in Germany. *Environmental Management* 49: 1150-1162

- Röder N, Osterburg B (2012b) Reducing GHG emissions by abandoning agricultural land use on organic soils. A cost assessment. Selected Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference (18-24 August 2012), Foz do Iguaçu. <http://ageconsearch.umn.edu/handle/125134>
- Röder N, Osterburg B, Kätsch S (2013) Faktencheck Agrarreform: Integration von Klimaschutz und Klimaanpassung in die Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2013, Thünen-Working Paper 11. Thünen-Institut, Braunschweig
- Röder N, Henseler M, Liebersbach H, Kreins P, Osterburg B (2015a) Evaluation of land use based greenhouse gas abatement measures in Germany. *Ecological Economics* 117: 193-202
- Röder N, Schmidt TG, Osterburg B (2015b) Grünland: Mehr als nur Viehfutter. Thünen à la carte 1. Thünen-Institut, Braunschweig; Johann Heinrich von Thünen-Institut
- Röös E, Patel M, Spångberg J, Carlsson G, Rydhmer L (2016) Limiting livestock production to pasture and by-products in a search for sustainable diets. *Food Policy* 58: 1-13
- Rosenqvist L, Hansen K, Vesterdal L, van der Salm C (2010) Water balance in afforestation chronosequences of common oak and Norway spruce on former arable land in Denmark and southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 196-207
- Ross EM, Moate PJ, Marett L, Cocks BG, Hayes BJ (2013) Investigating the effect of two methane-mitigating diets on the rumen microbiome using massively parallel sequencing. *Journal of Dairy Science* 96: 6030-6046
- Roth U, Döhler H, Hartmann S (2011) Ergebnisse CO₂-eq-Einsparung und CO₂-eq-Vermeidungskosten. In: DBFZ (Hrsg.) Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland – Bewertung der Wirkungen des EEG. DBFZ, Leipzig, S. 57-68
- Rothman A J, Sheeran P, Wood W (2009) Reflective and automatic processes in the initiation and maintenance of dietary change. *Annals of Behavioral Medicine* 38: 4-17
- Rowe RL, Street NR, Taylor G (2009) Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 13: 271-290
- Rugani B, Vázquez-Rowe I, Benedetto G, Benetto E (2013) A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector. *Journal of Cleaner Production* 54: 61-77
- Ruhm G, Gruda N, von Allwörden A, Steinborn P, Hattermann H, Bokelmann W, Schmidt U (2007) Energiekonzepte für den Gartenbau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 20/2007. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden
- Rupp J (2012) Energiewende im Gewächshaus. *Bioland* 04 (2012): 20-21
- Rüter S (2011a) Welchen Beitrag leisten Holzprodukte zur CO₂ Bilanz? *AZF/Der Wald* 15 (2011): 15-18
- Rüter S (2011b) Projection of net-emissions from harvested wood products in European countries – for the period 2013-2020. Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie. Report 2011/01. Thünen-Institut, Hamburg
- Rüter S (2016a) Beitrag der stofflichen Nutzung von Holz zum Klimaschutz – das Modell WoodCarbon Monitor. Dissertation. Technische Universität München, Studienfakultät Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement: München, Hamburg (in Bearbeitung)

- Rüter S (2016b) Holzprodukte (4.G). In: Gniffke P (Hrsg.) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2015 – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2013. Climate Change 02/2016, UBA, Dessau-Roßlau, S. 225-228
- Rüter S, Diederichs S (2012) Ökobilanz-Basisdaten für Bauprodukte aus Holz. Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie 2012/01. Thünen-Institut, Hamburg.
http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn050490.pdf
- Rüter S, Rock J, Köthke M, Dieter M (2011) Wie viel Holznutzung ist gut fürs Klima? Die CO₂-Bilanzen unterschiedlicher Nutzungsszenarien 2013-2020. AFZ/Der Wald 15: 19-21
- Rüter S, Werner F, Forsell N, Prins K, Vial E, Levet A-L (2016) ClimWood2030: Climate benefits of material substitution by forest biomass and harvested wood products: Perspective 2030. Study commissioned by the European Commission Directorate-General for Climate Action, submitted
- Rüther B, Hansen J, Ludwig A, Spellmann H, Nagel J, Möhring B, Dieter M (2007) Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 1, Universitätsverlag Göttingen, Göttingen
- Ryan W, Hennessy D, Murphy JJ, Boland TM, Shalloo L (2011) A model of nitrogen efficiency in contrasting grass-based dairy systems. Journal of Dairy Science 94: 1032-1044
- Sachs T, Koebsch F, Franz D, Larmanou E, Serafimovich A, Kohnert K, Jurasinski G, Augustin J (2015) Mehr Moor? Zur Treibhausgasdynamik wiedervernässter Feuchtgebiete. GFZ System Erde 5: 22-27
- Salamon, P (2016) Schriftliche Mitteilung von Petra Salamon, Thünen-Institut für Marktanalyse vom 16.03.2016
- Säll S, Gren I-M (2012) Green consumption taxes on meat in Sweden, Working Paper 10/2012, Swedish University of Agricultural Sciences, Economic Department, Uppsala
- Sathre R, O'Connor J (2010) A synthesis of research on wood products & greenhouse gas impacts. Second edition. Technical report TR-19R. FPInnovations, Vancouver
<https://www.canfor.com/docs/why-wood/tr19-complete-pub-web.pdf>
- Sausen R, Isaksen I, Grewe V, Hauglustaine D, Lee DS, Myhre G, Köhler M O, Pitari G, Schumann U, Stordal F, Zerefos C (2005) Aviation radiative forcing in 2000: an update on IPCC (1999). Meteorologische Zeitschrift 14: 555-561
- Schaefer M (2003) Wörterbuch der Ökologie. 4. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin
- Schaefer F, Blanke M (2014) Opportunities and challenges of carbon footprint, climate or CO₂ labelling for horticultural products. Erwerbs-Obstbau 56: 73-80
- Schäfer A (2009) Moore und Euros – die vergessenen Millionen. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 43 (4), 156-160
- Schäfer A, Joosten H (2005) Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren. DUENE e. V., Greifswald
- Schaller L, Drösler M, Höper H, Kantelhard J (2012) The costs of drowning GHG-emissions in the peatlands. An economic assessment of potential agricultural emission-reduction in the LULUCF sector. Selected Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference (18-24 August 2012). IAAE, Foz do Iguaçu.
<http://ageconsearch.umn.edu/handle/125219>
- Scheftelowitz M, Rensberg N, Denysenko V, Daniel-Gromke J, Stinner W, Hillebrand K, Naumann K, Peetz D, Hennig C, Thrän D, Beil M, Kasten J, Vogel L (2015) Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse), Zwischenbericht Mai 2015. DBFZ, Leipzig

- Scherzinger W (1995) Naturschutz im Wald. Neumann, Stuttgart
- Schilizzi S, Latacz-Lohmann U (2007) Assessing the performance of conservation auctions: an experimental study. *Land Economics*. 83: 497-515
- Schmeer M, Loges R, Dittert K, Senbayram M, Horn R, Taube F (2014) Legume-based forage production systems reduce nitrous oxide emissions. *Soil & Tillage Research* 143: 17-25
- Schmid H, Braun M, Hülsbergen KJ (2013) Treibhausgasbilanzen und ökologische Nachhaltigkeit der Pflanzenproduktion. Ergebnisse aus dem Netzwerk der Pilotbetriebe. *Thünen Report* 8: 259-294
- Schmid H, Hülsbergen K-J, Paulsen HN, Rahmann G (2015) Methodischer Ansatz. In: Hülsbergen KJ, Rahmann G (Hrsg.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme. Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. *Thünen Report* 29. Thünen-Institut, Braunschweig, S. 7-19
- Schmidt L (2015) Nadelrohholz-Versorgung aus der Sicht der Holzwirtschaft. *AFZ/Der Wald* 17: 33-35
- Schmidt-Walter P, Lamersdorf N (2012) Biomass production with willow and poplar short rotation coppices on sensitive areas – the impact on nitrate leaching and groundwater recharge in a drinking water catchment near Hannover, Germany. *BioEnergy Research* 5: 546-562
- Schmilewski G (2008) Peat covers 77 percent of the growing media production in the EU. IPC Commission, Nottingham
<http://www.warum-torf.info/download/ips-commission-ii-survey-peat-covers-77-percent-of-the-growing-media-production-in-the-eu>
- Schmitz J, Salamon P, Bürgelt D, Peter G, Banse M (o. J.) Teilprojekt 6: Preiselastizität der Milchnachfrage Projekt des BMELV im Rahmen der ökonomischen Begleitforschung zum Bundesmodellvorhaben „Schulmilch im Fokus“. Thünen-Institut, Braunschweig
- Schorling M, Enders C, Voigt C A (2015) Assessing the cultivation potential of the energy crop *Miscanthus × giganteus* for Germany. *GCB Bioenergy* 7: 763-773
- Schott ABS, Andersson T (2015) Food waste minimization from a life-cycle perspective. *Journal of Environmental Management* 147: 219-226
- Schreiber M (2006) Kraftstoffverbrauch beim Einsatz von Ackerschleppern im besonderen Hinblick auf CO₂-Emissionen. Dissertation. Universität Hohenheim, Stuttgart
- Schröck R (2013) Analyse der Preiselastizitäten der Nachfrage nach Biolebensmitteln unter Berücksichtigung nicht direkt preisrelevanten Verhaltens der Verbraucher. Abschlussbericht des Forschungsprojekts 2808OE148 des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.
http://orgprints.org/22414/13/22414-08OE148-uni-giessen-herrmann-2013-preiselastizitaeten_bioblebensmittel.pdf
- Schröder S (2007) Vergleichende Energiebilanzierung der regionalen und überregionalen Produktion von Wein und Äpfeln. Dissertation. Justus-Liebig Universität, Gießen
- Schwarz P, Lemme M, Wagner A (2010) Großküchen. Planung, Entwurf, Einrichtung. Huss-Medien, Berlin
- Schwarzbauer P, Stern T (2010) Energy vs. material: economic impacts of a "wood-for-energy scenario" on the forest-based sector in Austria. A simulation approach. *Forest Policy and Economics* 12: 31-38
- Searchinger T, Heimlich R, Houghton RA, Dong F, Elobeid A, Fabiosa J, Tokgoz S, Hayes D, Yu T-H (2008) Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science* 319: 1238-1240

- SEF-Energietechnik GmbH (2011) Erarbeitung von allgemeinen Empfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz in sächsischen Zierpflanzenbaubetrieben. Im Auftrag des Landesverband Gartenbau Sachsen e. V. SEF-Energietechnik GmbH, Zwickau
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/AB-Energiecheck-mit_Anlage_final.pdf
- Seidl F, Mastel K, Aust C, Kannenwischer N, Dieterich M (2015) Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Miscanthus in Baden-Württemberg. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Biomasse aus Kurzumtrieb“. Informationen für die Pflanzenproduktion 02-2014. LTZ, Augustenberg
http://www.ltz-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Service/Schriftenreihen/Informationen%20f%C3%BCr%20die%20Pflanzenproduktion/IfPP_2014-02_KUP/IFPP%202014_02%20KUP%20und%20Miscanthus.pdf
- Seintsch B (2011) Holzbilanzen 2009 und 2010 für die Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht 04/2011. Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, Hamburg
- Selmer P (1972) Steuerinterventionismus und Verfassungsrecht. Athenäum-Verlag, Frankfurt am Main
- Seufert V, Ramankutty N, Foley JA (2012) Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485: 229-232
- SGE (2012) Swiss Food Pyramid. Recommendations for a healthy and enjoyable adult diet. Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE), Bern, Switzerland
- Shewmake S, Okrent A, Thabrew L, Vandenberg M (2015) Predicting consumer demand responses to carbon labels. *Ecological Economics* 119: 168-180
- Shook GE (2006) Major advances in determining appropriate selection goals. *Journal of Dairy Science* 89: 1349-1361
- Sikkema R, Junginger M, Pichler W, Hayes S, Faaij AP (2010) The international logistics of wood pellets for heating and power production in Europe: costs, energy-input and greenhouse gas balances of pellet consumption in Italy, Sweden and the Netherlands. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 4: 132-153
- Sinnott-Armstrong W (2005) It's not my fault. In: Sinnott-Armstrong W, Howarth R (Hrsg.) *Perspectives on Climate Change: Science, Economics, Politics, Ethics*. Bingley, Emerald, S. 285-307
- Skinner C, Gattinger A, Muller A, Mäder P, Fließbach A, Stolze M, Ruser R, Niggli U (2014) Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management. A global meta-analysis. *Science of the Total Environment* 468-469: 553-563
- Smith R (2012) Why a macroeconomic perspective is critical to the prevention of noncommunicable disease. *Science* 337: 1501-1503
- Smith P, Haberl H, Popp A, Erb K-H, Lauk C, Harper R, Tubiello FN, de Siqueira Pinto A, Jafari M, Sohi S, Masera O, Böttcher H, Berndes G, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig EA, Mbow C, Ravindranath NH, Rice CW, Robledo Abad C, Romanovskaya A, Sperling F, Herrero M, House JL, Rose S (2013) How much land-based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals? *Global Change Biology* 19: 2285-2302
- Söderholm P, Christiernsson A (2008) Policy effectiveness and acceptance in the taxation of environmentally damaging chemical compounds. *Environmental Science and Policy* 11: 240-252
- Sønderskov KM, Daugbjerg C (2011) The state and consumer confidence in eco-labeling: organic labeling in Denmark, Sweden, The United Kingdom and The United States. *Agriculture and Human Values* (28) 507-517

- Spellmann H, Albert M, Schmidt M, Suttmöller J, Overbeck M (2011) Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. *AFZ/Der Wald* 66: 19-23
- Spellmann H, Döbbler H, Rudolph J (2015) Entwicklung des Nadelrohholz-Angebotes in Norddeutschland. *AFZ/Der Wald* 17: 16-19
- Spieß E, Irla E, Heusser J, Urs Meier, Ballmer T, Gut F, Richner W, Scherrer C, Wüthrich R, Hebeisen T (2006) Depot-Injektion von ammoniumhaltigen Düngern nach dem CULTAN-System – Feldversuche bei Kartoffeln und Zuckerrüben bringen vor allem mit konzentrierter Gülle vielversprechende Ergebnisse. ART-Bericht 657. Forschungsanstalt Agroscope, Reckenholz-Tänikon
- Spiller A, Nitzko S (2015) Peak meat: the role of meat in sustainable consumption. In: Reisch LA, Thøgersen J (Hrsg.) *Handbook of Research on Sustainable Consumption*. Elgar, Cheltenham und Northampton, MA, S. 192-208
- Spitzenverbände der Krankenkassen (2014) Gemeinsame und einheitliche Handlungsfelder und Kriterien der Spitzenverbände der Krankenkassen zur Umsetzung von § 20 Abs.1 und 2, SGB V, Essen
- Springer C (2010) Energie und CO₂ – Bilanz der Kompostierung unter Einbezug des Substitutionspotentials des Komposts. *Müll und Abfall* 8/10: 386-396
- Springmann M, Godfray HCJ, Rayner M, Scarborough P (2016) Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113: 4146-4151
- SRU (1985) Umweltprobleme der Landwirtschaft. Sondergutachten. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU). Verlag Kohlhammer, Stuttgart, Mainz.
- SRU (2008) Umweltgutachten 2008 – Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Erich Schmidt Verlag, Berlin
- SRU (2012) Umweltgutachten 2012: Verantwortung in einer begrenzten Welt. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Berlin
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2012_06_04_Umweltgutachten_HD.pdf?__blob=publicationFile
- SRU (2013) Sondergutachten – Den Strommarkt der Zukunft gestalten. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Berlin
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2013_11_SG_Strommarkt_der_Zukunft_gestalten.pdf?__blob=publicationFile
- SRU (2015) Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem, Berlin. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Berlin
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- SRU (2016) SRU-Umweltgutachten 2016: Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Berlin
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_Umweltgutachten_HD.html
- SRU, WBAE, WBD (2016) Novellierung von Düngegesetz und Düngeverordnung – Offener Brief –. Sachverständigenrat für Umweltfragen der Bundesregierung (SRU), Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE), Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen (WBD), Berlin
- Ständiges Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2015) Ganztagschulen im allgemein bildenden Bereich. Ständiges Sekretariat der Kultusministerkonferenz, Berlin

- Statistisches Bundesamt (2008) Einkommens- und Verbrauchsstichprobe für das Jahr 2008. Aufwendungen privater Haushalte für Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren. Fachserie 15, Heft 3. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/EinkommenKonsumLebensbedingungen/EinkommenVerbrauch/EVS_NahrungsmittelTabakwaren2152603089004.pdf?__blob=publicationFile
- Statistisches Bundesamt (2010) Produzierendes Gewerbe: Produktion. Fachserie 4 Reihe 3.1, 2009. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2011) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehbestand und tierische Erzeugung Fachserie 3 Reihe 4. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/ViehbestandtierischeErzeugung2030400117004.pdf?__blob=publicationFile
- Statistisches Bundesamt (2013) Flächenbelegung von Ernährungsgütern. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/FachberichtFlaechenbelegung5385101109004.pdf?__blob=publicationFile
- Statistisches Bundesamt (2014a) 1000 l Trinkwasser kosteten 2013 im Durchschnitt 1,69 Euro, Pressemitteilung vom 21 März 2014.
https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2014/03/PD14_110_322.html. Zugriff am 2016.06.02.
- Statistisches Bundesamt (2014b) Krankenhausbericht. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2015a) Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatoren zu Umwelt und Ökonomie (Stand 11/2015). Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2015b) Statistiken der Kinder- und Jugendhilfe. Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (o. J.) Indikatoren zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland. Destatis.
<https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>. Zugriff am 2016.05.01
- Stehfest E, Bouwman L, van Vuuren DP, den Elzen MGJ, Eickhout B, Kabat P (2009) Climate benefits of changing diet. *Climatic Change* 95: 83-102
- Stemplowska Z (2015) Doing more than one's fair share. CSSJ Working Papers Series SJ035. Centre for the Study of Social Justice, University of Oxford, Oxford.
http://www.politics.ox.ac.uk/materials/events/SJ035_Doing_More_than_Ones_Fair_Share.pdf
- Stiftung Warentest (o. J.) Mineralwässer im Vergleich.
<https://www.test.de/Natuerliches-Mineralwasser-im-Test-4258945-0/>. Zugriff am 2016.01.05
- Stoneham G, Chaudri V, Ha A, Strappazon L (2003) Auctions for conservation contracts: an empirical examination of Victoria's BushTender trial. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 47: 477-500
- Strack F, Deutsch R (2004) Reflective and impulsive determinants of social behavior. *Personality and Social Psychology Review* 8: 220-247

- 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. Arbeitsbericht aus der vTI-Agrarökonomie 06/2012. Thünen-Institut, Braunschweig
<http://www.econstor.eu/bitstream/10419/65853/1/727074865.pdf>
- Styles D, Gibbons J, Williams A, Dauber J, Stichnothe H, Urban B, Chadwick D, Jones D (2015) Consequential life cycle assessment of biogas, biofuel and biomass energy options within an arable crop rotation. *GCB Bioenergy* 7: 1305-1320
- Svanes E, Aronsson AK (2013) Carbon footprint of a Cavendish banana supply chain. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18: 1450-1464
- Swalve H (2010) Strategien der Rinderzucht unter Berücksichtigung von Ressourcen- und Umweltschutz. In: 23. Hülsenberger Gespräche 2010. Wiederkäuerernährung - wesentliche Grundlage für Tiergesundheit, Ressourcenschonung sowie Umwelt- und Klimaschutz. Schaumann-Stiftung, Hamburg
- Taber DR, Chriqui JF, Powell LM, Chaloupka FJ (2012) Banning all sugar-sweetened beverages in middle schools: reduction of in-school access and purchasing but not overall consumption. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 166: 256-262
- Taber DR, Chriqui JF, Vuillaume R, Chaloupka FJ (2014) How state taxes and policies targeting soda consumption modify the association between school vending machines and student dietary behaviors: a cross-sectional analysis. *PloS one* 9: e98249
- Tantau HJ, Philipp I, Meyer J, Menk C, Schmidt U, Huber C (2007) Energetische Nutzung von Biomasse im Unterglasanbau – Ergebnisse einer Umfrage. *FNR, Gülzen*
- Taube F (2013a) Der zukünftige europäische Weg. Ist nachhaltige Intensivierung möglich? Europas Beitrag zur zukünftigen globalen Agrarproduktion. In: DLG (Hrsg.) Landwirtschaft im Konflikt mit der Gesellschaft? Votum für eine nachhaltige Produktion. DLG-Wintertagung 2013. Archiv der DLG, Band 107, 17-42. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), Frankfurt (Main)
- Taube F (2013b) Anmerkungen zum Entwurf eines Gesetzes zur Erhaltung von Dauergrünland in Schleswig-Holstein (DGLerHG S-H). Umdruck 18/1712. Schleswig-Holsteinischer Landtag, Kiel
- Taube F (2016) Umwelt- und Klimawirkungen der Landwirtschaft. Eine kritische Einordnung – Statusbericht, Herausforderungen und Ausblick. In: DLG (Hrsg.) Moderne Landwirtschaft zwischen Anspruch und Wirklichkeit. Eine kritische Analyse. DLG-Verlag, Frankfurt (Main), S. 13-38
- Taube F, Loges R, Kelm M, Lactacz-Lohmann U (2005) Vergleich des ökologischen und konventionellen Ackerbaus im Hinblick auf Leistungen und ökologische Effekte auf Hohertragsstandorten Norddeutschlands. *Berichte über Landwirtschaft* 83: 165-176
- Taube F, Kelm M, Loges R, Wachendorf M (2006) Ressourceneffizienz als Steuergröße für die Förderung nachhaltiger Produktionssysteme: Gibt es Vorrang-/Eignungsflächen für den ökologischen Landbau? *Berichte über Landwirtschaft* 84: 73-105
- Taube F, Gierus M, Hermann A, Loges R, Schönbach P (2014) Grassland and globalization – challenges for north-west European grass and forage research. *Grass and Forage Science*, 69, 2-16
- Taylor C (2000) Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren. Dissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen.
<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/273/pdf/d000074.pdf>
- Thaler RH, Sunstein CR (2008) *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press, New Haven

- The Monday Campaigns (2013) Los Angeles public schools implement Meatless Mondays for student health.
<http://www.meatlessmonday.com/articles/los-angeles-public-schools-implement-meatless-mondays-for-student-health/>Zugriff am 2016.04.12
- The Monday Campaigns (2016) Meatless Monday Global Connect.
<http://www.meatlessmonday.com/the-global-movement/>Zugriff am 2016.03.11
- Thiele S (2008) Elastizitäten der Nachfrage privater Haushalte nach Nahrungsmitteln – Schätzungen einer AIDS auf Basis der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2003. *Agrarwirtschaft* 57: 260-268
- Thompson I D, Ferreira J, Gardner T, Guariguata MR, Koh LP, Okabe K, Pan Y, Schmitt CB, Tylianakis J (2012) Forest biodiversity, carbon and other ecosystem services: relationships and impacts of deforestation and forest degradation. In: Parrotta A, Wildburger C, Mansourian S (Hrsg.) *Understanding relationships between biodiversity, carbon, forests and people: the key to achieving REDD+ objectives*. IUFRO World Series 31. IUFRO, Wien, S. 21-52
- Thow AM, Annan R, Mensah L, Chowdhury SN (2014) Development, implementation and outcome of standards to restrict fatty meat in the food supply and prevent NCDs: learning from an innovative trade/food policy in Ghana. *BMC Public Health* 14: 1-9
- Thünen-Institut (2015) Projekt Bodenzustandserhebung Landwirtschaft des Instituts für Agrarklimaschutz.
<https://www.thuenen.de/de/ak/projekte/bodenzustandserhebung-landwirtschaft/>
Zugriff am 2016.06.01
- Tietz A (2010) Auswirkungen von Health Check und EU-Konjunkturprogramm auf die ländlichen Entwicklungsprogramme der deutschen Bundesländer, *Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie* 03/2010. Thünen-Institut, Braunschweig
- Tietz A, Grajewski R (i. E.) Förderung der ländlichen Entwicklung in Deutschland ab 2014: zwischen Kontinuität und Wandel. In: Karl H, Untiedt G (Hrsg.) *Handbuch der regionalen Wirtschaftsförderung*. Otto Schmidt, Köln
- TNS Emnid (2014) Einkaufs- und Ernährungsverhalten in Deutschland. BMEL, Bonn
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Umfragen/TNS-Emnid-EinkaufsErnaehrungsverhaltenInDeutschland.pdf?__blob=publicationFile
- Tukker A, Goldbohm RA, de Koning A, Verheijden M, Kleijn R, Wolf O, Pérez-Domínguez I, Rueda-Cantuche JM (2011) Environmental impacts of changes to healthier diets in Europe. *Ecological Economics* 70: 1776-1788
- UBA (2010) CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale - Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3773.pdf>
- UBA (2012) Daten zum Verkehr, Ausgabe 2012. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4364.pdf>
- UBA (2013a) Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales_deutschland_im_jahr_2050_langfassung.pdf
- UBA (2013b) Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4397.pdf>

- UBA (2013c) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2013. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2011. Climate Change 09/2013. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/climate_change_09_2013_nir_2013_gniffke.pdf
- UBA (2013d) Ammoniak-Emissionen nach Quellkategorien.
http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_ammoniak-emi_2013-09-30_neu.pdf. Zugriff am 2015.03.02
- UBA (2014a) Ammoniak. 06.06.2014.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe/ammoniak>.
Zugriff am 2016.06.17
- UBA (2014b) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2012. Climate Change 24/2014. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate-change_24_2014_nationaler_inventarbericht_2.pdf
- UBA (2014c) Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2013. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/climate_change_23_2014_komplett.pdf
- UBA (2015a) Deutsche Emissionsberichterstattung, 2015 für das Jahr 2013. Common Reporting Format. 06.11.2015. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8812.php
- UBA (2015b) Ammoniak-Emissionen nach Quellkategorien. Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2013 (Stand 03/2015). Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_ammoniak-emi_2015-06-01.pdf
- UBA (2016a) Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2014. Arbeitsstand: 25-11-2015 / Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016. Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
- UBA (2016b) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016. Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2014. Climate Change 02/2016. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_02_2016_berichterstattung_unter_der_klimarahmenkonvention_der_vereinten_nationen_2015.pdf
- UBA (o. J.) Flächensparen – Böden und Landschaften erhalten. Umweltbundesamt (UBA)
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten>. Zugriff: 2015.03.17
- Ullrich K, Riecken, U (2012) Moorschutzstrategien, -initiativen und -programme in Deutschland. Natur und Landschaft 87: 81-86

- UN (1992) United Nations (UN) Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).
http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf. Zugriff am 2015.07.12
- UNFCCC (1998) Kyoto Protocol. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Bonn. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf#page=12>
- UNFCCC (2014) Kyoto Protocol base year data.
http://unfccc.int/ghg_data/kp_data_unfccc/base_year_data/items/4354.php
Zugriff am 2016.05.03
- UNFCCC (2015) Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Bonn. <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
- Universität Gießen (2015) Ökologie und Landbau: Zahlen nach Pendos CO₂-Zähler (2007).
<http://academy.edulabs.org/mod/page/view.php?id=186>. Zugriff am 2016.03.09
- Universität Greifswald (2015) Paludikultur. Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald.
<http://www.paludiculture.uni-greifswald.de/de/index.php>. Zugriff am 2016.04.07
- Unsel R, Möndel A, Textor B, Seidl F, Steinfatt K, Karopka M, Nahm M (2010) Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Stuttgart
http://www.fva-bw.de/publikationen/sonstiges/kup_broschuere.pdf
- Upham P, Dendler L, Bleda M (2011) Carbon labelling of grocery products: public perceptions and potential emissions reductions. *Journal of Cleaner Production* 19: 348-355
- Usbeck T, Wohlgemuth T, Dobbertin M, Pfister C, Bürgi A, Rebetez M (2010) Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 47-55
- USDA, USDHHS (2010) Dietary guidelines for Americans 2010. 7th Edition. U.S. Department of Agriculture (USDA), U.S. Department of Health and Human Services (USDHHS), Washington, DC
- van Corné D, Mensink F (2014) Consumer food waste. Fact Sheet. Netherlands Nutrition Centre, o. O.
http://ec.europa.eu/food/safety/food_waste/library/docs/vc_sheet_voedselverspilling_en.pdf
- van Loo EJ, Caputo V, Nayga RMJr, Verbeke W (2014) Consumers' valuation of sustainability labels on meat. *Food Policy*: 137-150
- Vanclay JK, Shortiss J, Aulsebrook S, Gillespie AM, Howell BC, Johanni R, Maher MJ, Mitchell KM, Stewart MD, Yates J (2011) Customer response to carbon labelling of groceries. *Journal of Consumer Policy* 34: 153-160
- Vandekerkhove K, de Keersmaecker L, Menke N, Meyer P, Verschelde P (2009) When nature takes over from man: dead wood accumulation in previously managed oak and beech woodlands in North-western and Central Europe. *Forest Ecology and Management* 258: 425-435
- Vandermeersch T, Alvarenga RAF, Ragaert P, Dewulf J (2014) Environmental sustainability assessment of food waste valorization options. *Resources, Conservation and Recycling* 87: 57-64
- Vanham D, Hoekstra AY, Bidoglio G (2013) Potential water saving through changes in European diets. *Environment International* 61: 45-56
- VEBU (2016) Donnerstag ist Veggietag. Vegetarierbund Deutschland e. V. (VEBU).
<http://www.donnerstag-veggietag.de/teilnehmer/staedte.html>
Zugriff am 2016.03.11
- Vellinga TV, van den Pol-van Dasselaar A, Kuikman PJ (2004) The impact of grassland ploughing on CO₂ and N₂O emissions in the Netherlands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70: 33-45

- Velthof G, Kuikman L, Peter J, Onema O (2002) Nitrous oxide emission from soils amended with crop residues. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62: 249-261
- Venkat K (2012) Comparison of twelve organic and conventional farming systems: a life cycle greenhouse gas emissions perspective. *Journal of Sustainable Agriculture* 36: 620-649
- Verband Deutscher Mineralbrunnen (o. J.) Der Mineralwasser-Markt : Zahlung und Fakten 2014. Verband Deutscher Mineralbrunnen, Bonn
http://www.vdm-bonn.de/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1458564587&hash=b92cfdaf8f46881b193466cbbf5f0780d9c50790&file=fileadmin/user_upload/Mineralwasserfakten/Marktdaten/Zahlen_Fakten_2014_korrigiert_.pdf
- Verbraucherzentrale Hamburg (2011) Ich habe fertig. Tasche leer.
<http://www.vzhh.de/ernaehrung/133177/ich-habe-fertig-tasche-leer.aspx>
Zugriff am 2016.01.04
- Verbraucherzentralen Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Saarland, Schleswig-Holstein (2013) Klimaschutz schmeckt Tipps zum Klima-gesunden Essen und Einkaufen. Verbraucherzentrale, o. O.
<https://www.verbraucherzentrale.nrw/mediabig/74991A.pdf>
- Viswanath K, Finnegan JR Jr (1996) The Knowledge Gap Hypothesis: twenty-five years later. *Communication yearbook* (1996) 117-135
- Voget-Kleschin L, Baatz C (o. J.) Individual duties regarding global environmental problems. The example of climate change
https://www.academia.edu/9069358/Individual_Duties_regarding_Global_Environmental_Problems_-_The_Example_of_Climate_Change. Zugriff 2016.06.01.
- von Witzke H, Noleppa S (2007) Methan und Lachgas – Die vergessenen Klimagase. WWF Deutschland, Frankfurt (Main)
- von Witzke H, Noleppa S, Zhirkoa I (2011) Fleisch frisst Land. WWF, Berlin
http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Fleischkonsum_web.pdf
- Voss J, Theuvsen L, Schaper C (2014) Energetische Nutzung von Biomasse im Unterglas-Gartenbau. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe 35. FNR, Gülzow-Prünzen
https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/s/c/schriftenreihe_band_35_web.pdf
- Wagenaar AC, Salois MJ, Komro KA (2009) Effects of beverage alcohol taxes and prices on drinking: a meta-analysis of 1003 estimates from 112 studies. *Addiction* 104: 179-190
- waldaktie.de (2016) Waldaktie Mecklenburg-Vorpommern.
<http://www.waldaktie.de/>
Zugriff am 2016.06.24
- Wansink B (2010) Mindless eating: why we eat more than we think. Hay House, Inc, London
- Wansink B, Junyong K (2005) Bad popcorn in big buckets: portion size can influence intake as much as taste. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 37: 242-245
- Waterlander WE, de Boer MR, Schuit AJ, Seidell JC, Steenhuis IH (2013) Price discounts significantly enhance fruit and vegetable purchases when combined with nutrition education: a randomized controlled supermarket trial. *American Journal of Clinical Nutrition* 97: 886-895
- WBA (1993) Reduzierung der Stickstoffemissionen der Landwirtschaft. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats (WBA) beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. *Angewandte Wissenschaft* 423: 1-230

- WBA (2007) Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung. Empfehlungen an die Politik. Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (WBA) beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/Gutachten/WBA.pdf?__blob=publicationFile
- WBA (2010) EU-Agrarpolitik nach 2013 – Plädoyer für eine neue Politik für Ernährung, Landwirtschaft und ländliche Räume. Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (WBA), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/Gutachten/GAP.pdf?__blob=publicationFile
- WBA (2011) Stellungnahme zur geplanten Novellierung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes. Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (WBA), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/StellungnahmeEEG.pdf?__blob=publicationFile
- WBA (2012) Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (WBA), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/Stellungnahme-Ern%C3%A4hrungssicherung.pdf?__blob=publicationFile
- WBA (2015) Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik (WBA) beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/Gutachten/Nutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile
- WBA, WBD, SRU (2013) Kurzstellungnahme. Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik (WBA), Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen (WBD), Sachverständigenrat für Umweltfragen der Bundesregierung (SRU), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Duengungsfragen/NovelleDuengeverordnung.pdf?__blob=publicationFile
- WBGU (2011) Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), Berlin
http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2011/wbgu_jg2011.pdf
- WBVE, WBA (2010) Politikstrategie Food Labelling. Gemeinsame Stellungnahme. Wissenschaftlicher Beirat für Verbraucher- und Ernährungspolitik (WBVE) und Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (WBA), Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/2011_10_PolitikstrategieFoodLabelling.pdf?__blob=publicationFile
- WBWT (2012) Wege zu einer wirksamen Klimapolitik. Gutachten. Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (WBWT), Berlin
<https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/G/gutachten-wege-zu-einer-wirksamen-klimapolitik,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- Weber-Blaschke G, Lubenau C, Wilnhammer M, Härtl F, Friedrich S, Hammerl R, Helm S, Helm D, Borchert H, Wittkopf S, Knoke T, Richter K (2015) Konkurrenz um Holz: Ökologische, soziale und ökonomische Effekte der stofflichen und energetischen Verwertung von Holz. Abschlussbericht. Technische Universität München, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising

- Wegener J, Theuvsen L (2010) Handlungsempfehlungen zur Minderung von stickstoffbedingten Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft. WWF Deutschland, Berlin
- WEHAM (2012) Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (2012). Thünen-Institut. <https://bwi.info/start.aspx?Text=WALDENTWICKLUNGS-%20UND%20HOLZAUFKOMMENS%20MODELLIERUNG%20%282012-2015%29&prRolle=public&prInv=WEHAM2012&prKapitel=0>. Zugriff am 2016.06.02
- Weiger H (2015) Nadelholz im deutschen Wald aus der Sicht des Naturschutzes. AFZ/Der Wald 17: 31-32
- Weimar H, Seintsch B (2012) Laubholz in Deutschland: Auf welchen Markt trifft das Potenzial (Vortrag)? BMELV-Tagung: Stoffliche Nutzung von Laubholz 2012, 06./ 07. September 2012, Würzburg [<http://www.fnr-server.de/cms35/index.php?id=6586>]
- Weingarten P (1996) Grundwasserschutz und Landwirtschaft. Eine quantitative Analyse von Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwassers vor Nitrateinträgen. Landwirtschaft und Umwelt 13. Wissenschaftsverlag Vaug, Kiel
- Weinstein N (1980) Unrealistic optimism about future life events. *Journal of Personality and Social Psychology* 38: 806-820
- Wellesley L, Happer C, Froggatt A (2015) Changing climate, changing diets: Pathways to lower meat consumption. Chatham House, London
- Wermelinger B (2004) Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202: 67-82
- Werner F, Richter K (2007) Wooden building products in comparative LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 12: 470-479
- Werner F, Taverna R, Hofer P, Richter K (2005) Wood products as carbon sinks and their substitution effects in Switzerland: first estimates. *Annals of Forest Science* 62: 889-902
- Werner F, Taverna R, Hofer P, Richter K (2006) Greenhouse gas dynamics of an increased use of wood in buildings in Switzerland. *Climatic Change* 74: 319-347
- Wernsmann R (2005) Verhaltenslenkung in einem rationalen System. *Jus Publicum* 135. Mohr Siebeck, Tübingen
- Westhoek H, Lesschen JP, Rood T, Wagner S, De Marco A, Murphy-Bokern D, Leip A, van Grinsven H, Sutton MA, Oenema O (2014) Food choices, health and environment: effects of cutting Europe's meat and dairy intake. *Global Environmental Change* 26: 196-205
- Wetlands International (2016) Our approach. <https://www.wetlands.org/our-approach/> Zugriff am 2016.02.06
- WHO (2002) Protein and amino acid requirements in human nutrition. WHO Technical Report Series 935. WHO, FAO, UNU, Genf. http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_935_eng.pdf
- Wiegmann K, Eberle U, Fritsche UR, Hünecke K (2005) Umweltauswirkungen von Ernährung – Stoffstromanalysen und Szenarien. Ernährungswende-Diskussionspapier 7. Öko-Institut e. V., Darmstadt, Hamburg. <http://www.oeko.de/oekodoc/328/2007-011-de.pdf>
- Wildmann S, Engel F, Meyer P, Spellmann H, Schultze J, Gärtner S, Reif A, Bauhus J (2014) Wälder mit natürlicher Entwicklung in Deutschland. Definition und Flächen. AFZ/Der Wald 69: 28-30
- Wilson N, Nghiem N, Mhurchu C, Eyles H, Baker M (2013) Foods and dietary patterns that are healthy, low-cost, and environmentally sustainable: a case study of optimization modeling for New Zealand. *Plos One* 8: e59648

- Wirth C, Schulze E-D, Schwalbe G, Tomczyk S, Weber G-E, Weller E (2004) Dynamik der Kohlenstoffvorräte in den Wäldern Thüringens. *Mitteilungen 23*. Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei, Erfurt
- Wissenschaftsrat (2006) Empfehlungen zur Entwicklung der Agrarwissenschaften in Deutschland im Kontext benachbarter Fächer (Gartenbau-, Forst- und Ernährungswissenschaften) Wissenschaftsrat, Dresden. <http://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/agrarwissenschaften.pdf>
- Wocken C, Hemme T, Ramanovich M, Fahlbusch M, Spiller A (2008) Der Markt für Milch und Milcherzeugnisse. *Agrarwirtschaft 57*: 36-58
- Wolf O, Pérez-Domínguez I, Rueda-Cantuche JM, Tukker A, Kleijn R, de Koning A, Bausch-Goldbohm S, Verheijden M (2011) Do healthy diets in Europe matter to the environment? A quantitative analysis. *Journal of Policy Modeling 33*: 8-28
- Wördehoff R (2016) Kohlenstoffspeicherung als Teilziel der strategischen Waldbauplanung – erläutert an Reinbeständen verschiedener Baumarten in Niedersachsen. Dissertation. Georg-August-Universität, Göttingen
- Wördehoff R, Spellmann H, Evers J, Nage J (2011) Kohlenstoffstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der NW-FVA, Band 6. Universitätsverlag Göttingen, Göttingen
- World Ocean Review (2012) Ein dynamischer Markt – der Weltseeverkehr. <http://worldoceanreview.com/wor-1/transport/der-weltseeverkehr/>. Zugriff am 2016.02.20
- Wu P, Low SP, Xia B, Zuo J (2014b) Achieving transparency in carbon labelling for construction materials – Lessons from current assessment standards and carbon labels. *Environmental Science & Policy 44*: 11-25
- Wu P, Xia B, Pienaar J, Zhao X (2014a) The past, present and future of carbon labelling for construction materials. A review. *Building and Environment 77*: 160-168
- WWF Deutschland (2015) Das große Wegschmeißen. Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland. World Wide Fund for Nature (WWF), Berlin
- Zamani A (2015) Introduction to lignocellulose-based products. In: Karimi K (Hrsg.) *Lignocellulose-based bioproducts*. Springer, Heidelberg, S. 1-36
- Zehetmeier M, Baudracco J, Hoffmann H, Heissenhuber A (2012) Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal 6*: 154-166
- Zeit J, Luthardt V (2010) DSS-WAMOS: Ein Entscheidungsunterstützungssystem für das Management von Waldmooren. DBU, Osnabrück. https://www.dbu.de/OPAC/ab/23634_DSS-WAMOS_Internet_gesichert.pdf
- Zerle P (2004) Ökologische Effektivität und ökonomische Effizienz von umweltbezogenen Selbstverpflichtungen. *Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe Beitrag 262*. Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Augsburg, Augsburg
- Zimmermann K, Schweinle J (2015) Supply chain-based business models for wood fuel. In: Buttler Manning D, Bemann A, Bredemeier M, Lamersdorf N, Ammer C (Hrsg.) *Bioenergy from dendromass for the sustainable development of rural areas*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, S. 289-301
- ZVG (2014) Torfgewinnung und Moorschutz – Beides ist vereinbar. Torf für Profigartenbau unverzichtbar. <http://www.warum-torf.info/news/2014-12-17-torfgewinnung-und-moorschutz> Zugriff am 2016.02.17

Anhang

**Vergleichbarkeit von Inventurdaten, Angaben aus der
Treibhausgasberichterstattung und der
THG-Anrechnung für „Wald“**

Der Wald unterliegt im Sektor LULUCF/AFOLU unterschiedlichen Berichtsanforderungen. Die diesbezüglichen Regeln der verschiedenen internationalen Übereinkommen sind nicht identisch und haben sich im Verlauf der Zeit an einigen Stellen geändert.

1 Formeller Rahmen: Berichterstattung ist nicht gleich Anrechnung

Die Berichterstattung nach der Klimarahmenkonvention (UNFCCC, im Folgenden KRK) fordert die Mitteilung von Änderungen in z. B. der Größe von Treibhausgasspeichern (wie der lebenden oberirdischen Biomasse). Diese Meldung hat keine finanziellen Konsequenzen, da die Anrechnung der THG-Emissionen nach den Regeln des Kyoto-Protokolls (KP) erfolgt. Für dieses ist eine konservative Schätzung der Emissionsminderung wichtig, d. h. im Zweifel wird eine Emissionsminderung (bzw. die Zunahme in einem Speicher) als „dieser Speicher ist keine Quelle“ und „Emissionen = 0“ angerechnet, auch wenn unter der KRK eine leichte Senkenleistung berichtet wurde. Der entsprechende Speicher gilt hiermit auch als berücksichtigt. Im Extrem könnten so nach KRK hohe Emissionsminderungen berichtet werden, die nach KP jedoch nicht angerechnet werden, obwohl die entsprechenden Speicher berücksichtigt sind. Hinzu kommen unterschiedliche Definitionen und Differenzen in der Zuordnung von Teilbereichen der Speicher. Die Walddefinition der Bundeswaldinventur ist geringfügig anders als die in der THG-Berichterstattung verwendete. (Erst-)Aufforstungsflächen werden nach KRK nach 20 Jahren zu „Wald“, bleiben aber bezüglich des KP auch dann noch „Aufforstung“. Unter KP-Regeln kann die Waldfläche (Landnutzungskategorie „Wald, der Wald bleibt“) nur gleichbleiben oder abnehmen, unter KRK kann sie jedoch (wieder) zunehmen. Vergleiche über die Zeit sind deshalb ohne Bias nur innerhalb desselben formellen Rahmens möglich.

2 Zeitpunkt: Regeln und Bezugsgrößen können sich ändern

Neben den selbstverständlich zu berücksichtigenden Punkten Bezugszeitpunkt und Bezugszeitrahmen kommen im Bereich Treibhausgasberichterstattung zwei Komplikationen hinzu: Die Anrechnungsregeln nach dem KP unterscheiden sich für die 1. und die 2. sog. Verpflichtungsperiode (VP) nach dem KP (2008 bis 2012 bzw. 2013 bis 2020), was man auch als formalen Einfluss bezeichnen könnte, und bei Vorliegen neuer Daten oder Änderungen der Methodik der Erfassung von THG-Mengen oder Flüssen sind – falls die Änderung Auswirkungen hierauf hat – alle bisherigen Werte der entsprechenden Zeitreihe neu zu berechnen und modellierte oder fortgeschriebene Werte zu korrigieren. So sollen ungerechtfertigte Belastungen oder Erleichterungen allein aufgrund der Methodenänderung vermieden werden. Beispiel: Laufende Verbesserungen in der Bestimmung von Flächen der jeweiligen Landnutzungskategorien führten dazu, dass die Bezugswaldfläche für die LULUCF-Unterkategorie „Wald, der Wald bleibt“ sich z. B. für das Jahr 1990 in verschiedenen Nationalen Inventarberichten (NIR) unterscheidet (NIR 2010: 10,815 Mio. ha, NIR 2012 10,205 Mio. ha, NIR 2014 10,425 Mio. ha, NIR 2015 10,594 Mio. ha). Die Regeln für die drit-

te VP sind derzeit unbekannt, wie es auch unbekannt ist, ob es eine dritte Verpflichtungsperiode geben wird. In diesem Gutachten wird davon ausgegangen, dass die Regeln wie in der 2. VP Bestand haben werden.

3 Sonderfall „Waldbewirtschaftung“ (Forest Management)

Für Emissionen aus Waldbewirtschaftung (Netto-Neuspeicherung ist aus Sicht der Atmosphäre eine negative Emission) werden unter der KRK absolut berichtet, als Speicheränderung oder Flussgröße (je nach nationalem System). Nach dem KP wurden sie in der ersten VP ebenfalls absolut betrachtet und (ggf. teilweise, Stichwort: „cap“) angerechnet. Kohlenstoff in der geernteten Biomasse galt als sofort emittiert. Tendenziell wurde so der Vorratsaufbau im Wald gefördert. In der zweiten VP wird als Bezug ein „*Forest Management Reference Level*“ (FMRL) angesetzt, das prinzipiell die unter geplanter Bewirtschaftung zu erwartenden Emissionen beschreibt. Ein planvoller Vorratsabbau bei ungleicher Altersklassenverteilung z. B. zur Verjüngung der Wälder wird hiernach nicht mehr als Emission angerechnet, kann aber in der Berichterstattung nach KRK als solche aufgezeigt werden. Trotz absoluter Emissionen können so über eine positive Differenz zwischen FMRL und berichteter Emission Gutschriften generiert werden bzw. bei negativer Differenz trotz realer, aber niedrigerer als geplanter THG-Sequestrierung Verpflichtungen ausgelöst werden.

4 Methodische Unterschiede

Methodische Unterschiede betreffen v. a. Vergleiche mit wissenschaftlichen Studien, Angaben aus anderen nationalen Datenquellen (Bundeswaldinventur, BWI) und Angaben aus dem Berichtswesen anderer Staaten. Die Angaben im THG-Berichtswesen müssen den Vorgaben der IPCC GPG in verschiedenen Ausgaben genügen. Wissenschaftliche Studien können sich völlig anders orientieren. Die waldbezogenen THG-Inventuren arbeiten auf einem Teilnetz der BWI, d. h. alleine wegen unterschiedlicher Stichprobendichte sind Unterschiede in den Aussagen zwischen BWI und THG im selben Bezugsraum und -jahr zu erwarten.

5 Fazit

- Gemessene Veränderungen müssen nicht zwangsläufig nach Klimarahmenkonvention berichtet werden.
- Was berichtet wird muss nicht zwangsläufig so, wie es berichtet wird, nach Kyoto-Protokoll angerechnet werden.
- Was in einer Verpflichtungsperiode berichtet bzw. angerechnet wird, muss in anderen Perioden nicht zwingend in dieser Form berichtet bzw. angerechnet werden oder worden sein.

Jeder in diesem Gutachten in Hinblick zu THG-Vorräten im Wald verwendete Wert ist aus der jeweils aktuellsten diesbezüglich verfügbaren Datenbasis des offiziellen Treibhausgasberichterstattungswesens hergeleitet worden. Diese ist nicht dieselbe für jedes Szenario. Details sind bei den jeweiligen Szenarienbeschreibungen dargelegt, und Auswirkungen auf die Vergleichbarkeit innerhalb dieses Gutachtens wurden berücksichtigt.

Veröffentlichungen des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz¹⁹⁷ (seit 2007)

Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung, Gutachten, März 2015.

Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen, gemeinsame Kurzstellungnahme der Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik und für „Düngungsfragen“ und „Agrarpolitik“ und des Sachverständigenrates für Umweltfragen der Bundesregierung, August 2013.

Ernährungssicherung und nachhaltige Produktivitätssteigerung, Stellungnahme, Januar 2012.

Politikstrategie Food Labelling, gemeinsame Stellungnahme der Wissenschaftlichen Beiräte „Verbraucher- und Ernährungspolitik“ und „Agrarpolitik“, Oktober 2011.

Risiko- und Krisenmanagement in der Landwirtschaft - Rolle des Staates beim Umgang mit Ertrags- und Preisrisiken, Stellungnahme, April 2011.

Förderung der Biogaserzeugung durch das EEG – Stellungnahme zur geplanten Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, April 2011.

Kurzstellungnahme zur Einführung eines Tierschutzlabels in Deutschland, März 2011.

Kurzstellungnahme zur Mitteilung der Europäischen Kommission über die Ausgestaltung der Gemeinsamen Agrarpolitik bis 2020, Januar 2011.

Koexistenz Gentechnik in der Land- und Ernährungswirtschaft, Stellungnahme, Juni 2010.

Vorbereitung auf den „GAP-Gesundheitscheck“, Stellungnahme, März 2008.

Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik, Gutachten, November 2007.

Veröffentlichungen des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik (seit 2016)

Die Waldstrategie 2020 im Spiegel der dritten Bundeswaldinventur, Stellungnahme, Februar 2016.

Ansprechpartner

Die Geschäftsführung der Beiräte liegt beim BMEL:

WBAE: E-Mail: WBAE@bmel.bund.de

WBW: E-Mail: 533@bmel.bund.de

¹⁹⁷ Bis 2015: Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik.

Informationen zum WBAE

Der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (**WBAE**) ist interdisziplinär besetzt und soll das Ministerium bei der Entwicklung seiner Politik in diesen Bereichen unterstützen. Das unabhängige Gremium arbeitet auf ehrenamtlicher Basis und erstellt Gutachten und Stellungnahmen. Die Themen für diese Arbeiten wählt er selbst.

Zu den Aufgaben des Beirats gehört es insbesondere,

- wirtschaftliche Entwicklungen und gesellschaftliche Anforderungen zu analysieren und zu bewerten,
- die Ziele und Grundsätze der Agrarpolitik und der Landbewirtschaftung zu überprüfen,
- das Ernährungsverhalten der Bevölkerung und seine Auswirkungen im Hinblick auf den sich ergebenden politischen Handlungsbedarf zu bewerten,
- Vorschläge für die Weiterentwicklung der Agrar- und Ernährungspolitik zu erarbeiten,
- bei seinen Bewertungen ethische Gesichtspunkte mit einfließen zu lassen,
- Möglichkeiten nachhaltiger Landbewirtschaftung zu analysieren und
- Fragen der Entwicklung ländlicher Räume aufzugreifen.

http://www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/_Texte/AgrOrganisation.html

Informationen zum WBW

Der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik (**WBW**) berät und unterstützt die Bundesregierung bei der Gestaltung der Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder. Der Beirat ist mit Vertretern verschiedener wissenschaftlicher Fachdisziplinen besetzt, die die gesellschaftlichen Anforderungen an den Wald widerspiegeln.

Hierzu gehören

- eine gesicherte Versorgung von Holzindustrie und Energiewirtschaft mit dem nachwachsenden Rohstoff Holz,
- die Sicherung von Arbeitsplätzen, insbesondere im ländlichen Raum,
- die Erhaltung der Biodiversität,
- der Klimaschutz und die Anpassung der Wälder an den Klimawandel,
- die Nutzung der Wälder als Erholungs- und Erlebnisraum für die Bevölkerung sowie
- die Beachtung der Ausgewogenheit zwischen Eigentümerinteressen und Sozialpflichtigkeit.

Der Beirat prüft die Ziele und Grundsätze der nationalen und internationalen Waldpolitik. Er unterbreitet Vorschläge für die Weiterentwicklung der walddpolitischen Rahmenbedingungen und der Instrumente zur Umsetzung der Waldstrategie 2020 der Bundesregierung. Darüber hinaus bemüht er sich um einen Ausgleich zwischen den verschiedenen gesellschaftlichen Ansprüchen an den Wald und fördert den wissenschaftlichen Diskurs über eine nachhaltige, multifunktionale Bewirtschaftung der Wälder. Ferner werden von ihm Zustände diskutiert und bewertet, Impulse bei Veränderungsbedarf gegeben und Initiativen aus unterschiedlichen Wissenschafts- und Gesellschaftsbereichen aufgegriffen. Die Politik berät er durch Statusberichte und Empfehlungen.

http://www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/_Texte/WaldpolitikOrganisation.html

