

Bericht des BMELV für einen aktiven Klimaschutz der Agrar-, Forst- und Ernährungswirtschaft und zur Anpassung der Agrar- und Forstwirtschaft an den Klimawandel

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Klimaänderungen	4
3.1	THG-Emissionen und Festlegungen von CO ₂ durch die Agrar- und Ernährungswirtschaft.....	4
3.2	Minderungsmöglichkeiten der Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie der Konsumenten von Lebensmitteln	7
3.2.1	Vorgelagerte Sektoren (Betriebsmittel inkl. Futtermittel, Energie)	7
3.2.2	Agrarproduktion (Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft).....	8
3.2.2.1	Landnutzung (Landwirtschaftlicher Pflanzenbau und Forstwirtschaft).....	10
3.2.2.2	Landnutzungsänderungen.....	11
3.2.2.3	Tierhaltung	14
3.2.2.4	Direkte Emissionen aus dem Energieeinsatz	15
3.2.3	Nutzung nachwachsender Rohstoffe	15
3.2.4	Fischerei	16
3.2.5	Verarbeitung von Lebensmitteln	17
3.2.6	Handel und Transport von Lebensmitteln	18
3.2.7	Konsum von Lebensmitteln.....	19
3.3	Maßnahmen des Bundes.....	20
4.1	Auswirkungen des Klimawandels auf Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei	26
4.2	Möglichkeiten der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft zur Anpassung	29
4.3	Maßnahmen des Bundes zur Unterstützung der Wirtschaft bei ihrem Anpassungsprozess.....	32
5	Schlussfolgerungen.....	34

Einleitung

Klimaschutz gehört zu den wichtigsten umwelt-, gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Herausforderungen der heutigen Zeit. Das gilt global wie auch regional für alle Sektoren unserer Gesellschaften. Dabei richtet sich auch an die Land- und Ernährungswirtschaft die Frage, wie die von ihr ausgehenden Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) möglichst gering gehalten werden können und welche Schritte und Maßnahmen für eine Anpassung an die sich veränderten Rahmenbedingungen erforderlich sind.

Seit Menschengedenken gilt es, standortgerecht zu wirtschaften. Neu ist jedoch das Tempo, mit dem es gilt, sich auf den Klimawandel einzustellen.

Die Aufgabe, demnächst 9 Mrd. Menschen ausreichend und möglichst ausgewogen zu ernähren, ist eine Mammutaufgabe. Der Kampf gegen Hunger und Mangelernährung auf globaler Ebene zählt nach wie vor zu den wichtigsten Aufgaben der internationalen Staatengemeinschaft. Immer noch hungern weltweit über 850 Millionen Menschen und mehr als 2 Milliarden leiden unter Mangelernährung.

Das globale Bevölkerungswachstum von jährlich etwa 80 Mio. Menschen führt verbunden mit Einkommenssteigerungen in Staaten mit hohem Wirtschaftswachstum zu einem starken Anstieg der mengenmäßigen Nachfrage nach Nahrungs- und Futtermitteln. Die FAO rechnet mit einem globalen jährlichen Anstieg des Bedarfs an Agrarprodukten um 1,6 % bis 2015 und danach um 1,4 % bis 2030. Die weltweite Nachfrage nach Fleisch wird sich bis 2050 verdoppeln. Dazu kommt die Aufgabe, Milliarden Menschen mit Energie und sei es zum Kochen zu versorgen. Gekocht wird heute von den meisten Menschen weltweit mit Holz oder anderer Biomasse.

Die Agrarwirtschaft wird also auf absehbare Zeit gefordert sein, qualitativ und quantitativ hohe Erträge zu erzielen. Gleichzeitig ist bekannt, dass die Emissionen der Treibhausgase Methan und Lachgas, die bei der landwirtschaftlichen Produktion aufgrund natürlicher Prozesse immer entstehen, bei zunehmendem Produktionsumfang ebenfalls zunehmen. Ein Zielkonflikt, der sich nur sehr begrenzt entschärfen lässt.

Die Landwirtschaft hat primär die Aufgabe, Lebensmittel in ausreichender Menge und Qualität bereit zu stellen. Diese sind mit den geringsten Emissionen nachhaltig zu erzeugen. Die internationalen Verhandlungen sollen dafür Sorge tragen, dass dieser Weg weltweit beschritten und vermieden wird, dass die in Europa reduzierten Emissionen in anderen Staaten dann bei der Produktion von Lebensmitteln für den europäischen Markt zusätzlich

emittiert werden. Es macht klimapolitisch keinen Sinn, wenn die Produktion in Deutschland reduziert wird und dafür in anderen Ländern entsprechend zunimmt.

Die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen müssen deutlich reduziert werden. Dies hat Folgen für den Lebensstil, die Ausrichtung neuer Technologien und die Art des Wirtschaftens, auch in der Lebensmittelkette. Mehr denn je bedarf es eines nachhaltigen Umgangs mit begrenzten Ressourcen. Vor allem Einsparungen wirken direkt.

Maßnahmen mit großen Effekten und geringen Kosten müssen im Mittelpunkt stehen und Aktionismus ist zu vermeiden. Hierbei muss die Verlässlichkeit der politischen Entscheidungen und damit Planungssicherheit größtes Gewicht haben.

Die Forstwirtschaft steht angesichts des Klimawandels vor besonderen Herausforderungen: Entscheidungen haben im Vergleich zur Landwirtschaft wegen der Langfristigkeit der Produktion einen Zeitraum von vielen Jahrzehnten bis wenigen Jahrhunderten zu berücksichtigen. In diesen Zeiträumen wird sich der Klimawandel in größerem Umfang vollzogen haben als in der Landwirtschaft, die jährlich oder nach wenigen Jahren neu entscheiden und reagieren kann. Die Unsicherheiten bei der Prognose solch langer Zeiträume werden aus der Natur der Sache immer groß bleiben. Dies ist bei politischen und betrieblichen Entscheidungen zu berücksichtigen.

Schon jetzt müssen Schritte zur Überführung der Wälder in klimawandeltolerante Bestände begonnen und die Forschung zur Auswirkung des Klimawandels intensiviert werden. Wegen der komplexen Besitzstrukturen und der schweren Erreichbarkeit der Waldeigentümer kommt deren zeitnahe Information eine besondere Bedeutung zu. Bei der Frage der Verlängerung der Produktzyklen oder auch der Kaskadennutzung bei der Forstbiomasse muss zusammen mit der Holz- und Energiewirtschaft ein Weg gefunden werden, die CO₂-Bindung insgesamt zu optimieren. Agrarpolitik und Klimaschutzpolitik sind sehr stark international bestimmt. Für die anstehenden Verhandlungen über ein Klimaschutzfolgeabkommen für die Zeit nach 2012 bedarf es Entscheidungen, die den Anforderungen an den Landwirtschafts-, Forst- und Fischereisektor im Hinblick auf Nahrungsmittel- und Rohstoffproduktion sowie Klimaschutz gleichermaßen gerecht zu werden.

Ungeachtet der Tatsache, dass der Klimawandel eine globale Herausforderung darstellt, bezieht sich dieser Bericht auf Deutschland.

2 Klimaänderungen

Mit dem Klimawandel sind v. a. höhere Temperaturen¹ verbunden, wobei die größten Zunahmen in höheren Breitengraden und größeren Höhenlagen zu beobachten sind. Sie gehen mit zeitlich und regional veränderten Temperatur- und Niederschlagsverteilungen einher. Hinzu kommen höhere CO₂-Gehalte² der Atmosphäre und steigende Meeresspiegel³. Für Land- und Forstwirtschaft besonders bedeutsam ist auch die Zunahme von Extremereignissen wie Hitze- und Dürreperiode sowie Sturm-, Starkregen und Hagelereignissen.

Für die Beschreibung zukünftiger Entwicklungen werden Projektionen verwandt, die maßgeblich davon abhängen, welche Emissionsszenarien zu Grunde gelegt werden⁴. Während es für das Jahr 2100 eine Vielzahl von Prognosen für die kommenden globalen Entwicklungen gibt, bleiben sie sehr lückenhaft für kurz- und mittelfristige sowie für regionale Aussagen. Für Deutschland ist insbesondere von Bedeutung, dass leichte Zunahmen der mittleren Jahresniederschläge für West- und Süddeutschland und leichte Abnahmen für Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen bei zunehmenden Niederschlägen in den Wintermonaten in allen Bundesländern erwartet werden. Demgegenüber gelten Temperaturanstiege für ganz Deutschland als sehr wahrscheinlich.

3 Minderung (Mitigation)

3.1 THG-Emissionen und Festlegungen von CO₂ durch die Agrar- und Ernährungswirtschaft

In Deutschland werden entlang der Wertschöpfung von Lebensmitteln und nachwachsenden Rohstoffen rd. 200 Mt CO_{2äq} emittiert (Tabelle 1).

Dabei verursachen die Herstellung und Bereitstellung von Vorleistungen für die deutsche Landwirtschaft THG-Emissionen in Höhe von rd. 45 Mt CO_{2äq}, mit Dünge- und Futtermitteln als wichtigste Einzelpositionen. Darin sind auch Emissionen durch Vorleistungen wie N-Mineraldüngers und proteinreiche Futtermittel, die aus dem Ausland importiert werden, enthalten.

¹ Anstieg der mittleren globalen bodennahen Temperatur von 1906 bis 2005 um 0,74 °C.

² Zunahme der globalen CO₂-Konzentration in der Atmosphäre von 280 ppm auf über 380 ppm.

³ Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels im 20. Jahrhundert um etwa 17 cm.

⁴ Bericht der Bundesregierung (Kabinettsbeschluss vom 19.11.2008). Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Die Landwirtschaft sowie die landwirtschaftliche Flächennutzung verursachten im Jahr 2005 THG-Emissionen in Höhe von rd. 111 Mt CO_{2äq} mit rd. 42 Mt CO_{2äq} aus meliorierten und als Acker- oder Grünland genutzten Moorböden, rd. 37 Mt CO_{2äq} Lachgasemissionen aus der Düngung landwirtschaftlicher Böden und aus landwirtschaftlichen N-Überschüssen sowie rd. 18 Mt CO_{2äq} Methanemissionen aus tierischer Verdauung als wichtigste Einzelpositionen.

Die Ernährungsindustrie emittiert rd. 11 Mt CO_{2äq} aus direktem Energieverbrauch, hinzukommen indirekte Emissionen aus Stromverbrauch und Investitionsgütern. Auf Transport und Handel entfallen rd. 35 Mt CO_{2äq}. In den privaten Haushalten und im Gastgewerbe werden nach Schätzungen bei der Nahrungsmittelbeschaffung, Zubereitung und Heizung von Küchen und Essräumen etwa 75 Mt CO_{2äq} freigesetzt.

Die Forstwirtschaft stellt mit rd. 79 Mt CO_{2äq} (in 2006) eine bedeutende Kohlenstoffsénke dar. Nur rd. 6 % dieser Kohlenstoffbindung ist auf die Schaffung neuer Forstflächen durch Aufforstung zurückzuführen. Demgegenüber ist der Zuwachs an Kohlenstoff im bestehenden Forst durch Zunahme des Holzvorrats der weitaus wichtigere Faktor. Aber auch die geernteten und verbauten Hölzer speichern über einen längeren Zeitraum zusätzlich größere Kohlenstoffmengen. Ein großer Teil des Senkenzuwachses ist derzeit allerdings nicht auf die Ziele des Kyoto-Protokolls anrechenbar.

Die Nutzung von erneuerbaren Energien aus biogenen Ausgangsstoffen trägt zu einer Substitution von fossilen Energieträgern bei. Biomasse aus der Landwirtschaft für Biogas und Biokraftstoffe trug im Jahr 2006 zu einer Verminderung der THG-Emission in Höhe von rd. 18 Mt CO_{2äq} bei (Tabelle 2). Auf die Verwendung fester Brennstoffe, vor allem Holz, entfielen weitere 23,2 Mt CO_{2äq} und auf Abfälle (Klär- und Deponiegase, Verbrennung biogener Abfälle) weitere 6,5 Mt CO_{2äq}.

Auch die Substitution von Rohstoffen durch nachwachsende Rohstoffe trägt zur Minderung von THG-Emissionen bei, weil diese mit vergleichsweise wenig Energie erzeugt, transportiert und bearbeitet werden können. Für produktbezogene THG-Bilanzen bedarf es vollständiger produktbezogener Lebenszyklusanalysen für die Emission von THG, die biologische Festlegung von CO₂ bzw. die Substitution von fossilen Rohstoffen.

Tabelle 1: **THG-Emissionen in der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft**

		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	insgesamt
		in CO ₂ -Äquivalenten			
Vorleistungen der Landwirtschaft	geschätzt (1999)				45,3
Strom		3			3
Dünger		8,4		7,9	16,3
Futtermittel		.	.	.	13
Maschinen, Gebäude, andere Vorleistungen		13			13
Landwirtschaft	CRF-Kategorie (2005)				111,6
Direkter Energieverbrauch (Land- u. Forstwirtschaft, Fischerei)	1.A4c	6,4	0,03	0,03	6,5
Verdauung	4.A		18,3		18,3
Wirtschaftsdüngermanagement	4.B		5,0	3,0	8,0
Landwirtschaftliche Böden	4.D		-0,6	37,8	37,2
Landnutzung/Landnutzungswandel: Ackerland	5.B	25,0			25,0
Landnutzung/Landnutzungswandel: Grünland	5.C	16,6			16,6
<i>darunter Emissionen aus Moornutzung</i>	<i>4.D, 5.B, 5.C</i>	<i>36,9</i>		<i>5,1</i>	<i>42,0</i>
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränken (UGR, 2005)					10,7
Handel	Kramer et al. (1994)				35,0
Verpackung		13,4			13,4
Gütertransporte		10,1			10,1
Gebäudeunterhaltung/Lagerhaltung		11,5			11,5
Haushalt	Kramer et al. (1994)				75,0
Wald	CRF-Kategorie (2005)				-78,7
Landnutzung/Landnutzungswandel					
Verbleibende Waldfläche	5.A	-74,1			-74,1
Neuwaldflächen	5.A	-4,7			-4,7

Quellen: Nationaler Inventarbericht 2006 und 2008 (nach Common Reporting Framework - Kategorien (CRF)); Destatis (2007): Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2007. Teil 6: Treibhausgase (insgesamt, CO₂, CH₄, N₂O), Tabelle 6.1.2: Direkte Treibhausgas-Emissionen im Inland; Kramer, I., Müller-Reißmann, K.F., Schaffner, J., Bossel, H., Meier-Ploeger, A., Vogtmann, H. (1994): Landwirtschaft und Ernährung. Veränderungstendenzen im Ernährungssystem und ihre klimatische Relevanz. Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages: Landwirtschaft und Ernährung. Teil B.; Vorleistungen geschätzt im Rahmen des Projekts UGR-Berichtsmodul Landwirtschaft und Umwelt im Insitut für Ländliche Räume des vTI.

Tabelle 2: CO₂-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien aus biogenen Rohstoffen in Deutschland im Jahr 2006

	Agrarrohstoffe	Holz	Abfall
	Mt CO₂		
Strom			
Biogene Festbrennstoffe		5,8	
Biogene flüssige Brennstoffe	1,0		
Biogas	3,1		
Klärgas			1,0
Deponiegas			1,1
Biogener Anteil des Abfalls			3,2
Wärme			
Biogene Festbrennstoffe (Haushalte)		14,3	
Biogene Festbrennstoffe (Industrie)		2,6	
Biogene Festbrennstoffe (Heizkraftwerke/Heizwerke)		0,5	
Biogene flüssige Brennstoffe	0,3		
Biogene gasförmige Brennstoffe	0,7		?
Biogener Anteil des Abfalls			1,1
Biokraftstoffe			
Biodiesel	10,4		
Pflanzenöl	2,0		
Bioethanol	0,5		
Summe	18,0	23,2	6,5

Quelle: BMU (2007) Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Stand: November 2007, Internet-Update. S. 19: Gesamte CO₂-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2006.

3.2 Minderungsmöglichkeiten der Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie der Konsumenten von Lebensmitteln

3.2.1 Vorgelagerte Sektoren (Betriebsmittel inkl. Futtermittel, Energie)

Durch eine effizientere Verwendung von Vorleistungen kann der Agrarsektor zu einer Verminderung der indirekten THG-Emissionen aus der Vorkette beitragen. Wichtigste Handlungsfelder sind hierbei die Stickstoffdüngung und die Tierfütterung. Daneben spielen auch die Nachfrage nach elektrischem Strom, die Auslastung von Maschinen und die Gebäudenutzung eine Rolle. Eine genaue Quantifizierung der indirekten THG-Emissionen aus Vorleistungen ist derzeit aufgrund methodischer Fragen und fehlender Daten nur näherungsweise möglich.

Importe werden nicht auf die deutsche THG-Bilanz angerechnet, so dass sich Einsparungen von Dünger- und Futtermitteln in Anbetracht des hohen Importanteils nur indirekt auf die deutsche THG-Bilanz auswirken. Eine zurückgehende Nachfrage nach Vorleistungen kann zu Preisanpassungen führen, wodurch die Verwendung von Vorleistungen an anderen Stellen ansteigen kann. Auf die betreffenden, in Deutschland produzierten Agrarprodukte bezogen verbessert sich dann die THG-Bilanz zwar, die marktwirtschaftlichen Systemzusammenhänge führen aber bei globaler Betrachtung zu geringeren Netto-Entlastungen. Wird aufgrund eingesparter Vorleistungen die Produktion in vorgelagerten Sektoren reduziert und sind die betroffenen Unternehmen Teil des THG-Emissionshandelssystems, entstehen durch diese Einsparungen Freiheitsgrade für eine Erhöhung der THG-Emissionen in anderen Unternehmen. Die genannten Zusammenhänge sprechen aber keinesfalls gegen eine effizienzorientierte Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Produktionssysteme. Die Bewertung von Brutto-Entlastungen ist aufgrund solcher indirekter Effekte allerdings mit Unwägbarkeiten verbunden.

3.2.2 Agrarproduktion (Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft)

Die Emissionen aus der Landwirtschaft sind überwiegend systembedingt, so dass Emissionsreduktionen meistens mit Produktionsreduktionen verbunden sind. So waren auch die Emissionsreduktionen der Landwirtschaft Anfang der 1990er Jahre im Wesentlichen auf den im Rahmen des Strukturwandels erfolgten Abbau der Tierbestände nach der deutschen Wiedervereinigung zurück zu führen. Systematische und quantitative Aussagen dazu, wie viel THG-Emissionen der Landwirtschaft mit welchen Maßnahmen in Deutschland zu welchen Kosten reduziert werden können, gibt es derzeit noch nicht. Auf der Ebene der landwirtschaftlichen Betriebe liegen für einzelne Maßnahmen Angaben vor. Die CO₂-Vermeidungskosten variieren sehr stark in Abhängigkeit von den betrieblichen Voraussetzungen. Sie werden maßgeblich davon bestimmt, inwieweit die Potenziale zur THG-Reduktion bereits vorher ausgeschöpft wurden, bspw. durch optimierte Fütterung, bedarfsgerechte Düngung oder energieeffiziente Ställe. Weitere Emissionsreduktionen sind häufig nur mit überproportional zunehmenden Kosten zu erreichen. In den meisten Fällen sind die CO₂-Vermeidungskosten deutlich höher als der Börsenwert für Emissionszertifikate von derzeit rd. 27 €/t CO₂.

Bei der Einhaltung der guten fachlichen Praxis, zu der auch ein effizienter Einsatz von Betriebsmitteln gehört, fallen i.d.R. auch die vergleichsweise geringsten Emissionen an. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Minimierung der THG-Emissionen aus betriebsökonomischer Sicht bislang nicht zu den Unternehmenszielen gehörte.

Die Landwirtschaft kann auch durch eine auf den Schutz von Bodenkohlenstoff ausgerichtete Landnutzung maßgeblich zur Minderung der THG-Emissionen beitragen. Entsprechende Maßnahmen der Landwirtschaft sind oft mit Nutzungseinschränkungen, wie insbesondere dem Verzicht von Grünlandumbruch oder der Wiedervernässung von Moorböden, und Ertragsminderungen bzw. höherem Aufwand verbunden.

Die Forstwirtschaft beeinflusst durch Aufforstungen, durch die Art der Waldbewirtschaftung, durch den Umfang der Holzentnahme und durch die vermarktete Produktpalette (Produktzyklen) die Senkenleistung der Wälder. Eine verstärkte Holzverwendung erhöht die Wirkung dieser Einflüsse (langfristige Festlegung von Kohlenstoff in Holzprodukten; Substitution vergleichsweise energieintensiver und fossiler Rohstoffe; siehe auch Kapitel 3.2.3). Übersicht für betriebsbezogene Maßnahmen zur THG-Emissionsminderung (nicht abschließend)

- **Düngung**
 - Bedarfsermittlung
 - Bodennahe Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger
 - Unverzögliche Einarbeitung flüssiger Wirtschaftsdünger
 - Ausbringung zum geeigneten Zeitpunkt nach Düngeverordnung
 - Einhaltung von Mindestabständen zu oberirdischen Gewässern
 - Nutzung abtriftarmer Geräte für flüssige Düngemittel
 - Nutzung von Präzisionsstreuern für feste Düngemittel
 - Reihendüngung in Reihenkulturen
 - Cultan-Verfahren bzw. Depotdünger
- **Bodenbearbeitung**
 - Konservierende Bodenbearbeitung
 - Direktsaat
 - Anbau mehrjähriger Kulturen (v. a. bei nachwachsenden Rohstoffen)
 - Anbau von Zwischenfrüchten
- **Schutz der Kohlenstoffspeicher in Böden**
 - Vermeidung von Grünlandumbruch
 - Wiedervernässung entwässerter organischer Böden
 - Humusschonende bzw. -aufbauende Wirtschaftsweisen
- **Tierhaltung**
 - Weniger Wiederkäuer
 - Erhöhung der Lebensleistungen je Tier

- Fütterung (Kraftfutterreiche Rationsgestaltung; Einsatz von Futterfetten oder Fettsäuren; Futterzusatzstoffe mit methansenkendem Potenzial; Einsatz wasserstoffbindender Substanzen mit Energielieferungspotenzial für Wiederkäuer)
- Verbesserung der Tiergesundheit
- Verlängerung der Nutzungsdauer der Kühe
- Reduzierung der Aufzucht-dauer und der Anzahl aufzuziehender Jungrinder
- Ausreichend Lagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger
- **Senken durch die Forstwirtschaft**
 - Waldbewirtschaftung, insbesondere Holznutzung, Zuwachssteigerung
 - Aufforstung
- **Gebäude und bauliche Anlagen**
 - Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz

3.2.2.1 Landnutzung (Landwirtschaftlicher Pflanzenbau und Forstwirtschaft)

Lachgasemissionen aus der Düngung

Eine Steigerung der Ausnutzung von N-Düngern (Umsetzung von gedüngtem Stickstoff in Ertrag) zur Vermeidung unproduktiver Überschüsse trägt zur Verringerung der damit verbundenen, direkten und indirekten N_2O -Emissionen bei, nach Möglichkeit unter Beibehaltung einer hohen Produktivität (also keine Extensivierung). Die beobachtete Streuung der Zufuhr von mineralischem N-Dünger je Hektar in landwirtschaftlichen Betrieben mit ähnlicher Struktur zeigt, dass sehr unterschiedliche, einzelbetriebliche N-Ausnutzungsgrade auftreten. Dies lässt entsprechende Verbesserungsmöglichkeiten besonders bezüglich der Ausnutzung des Wirtschaftsdüngers erwarten. Für die Senkung von N-Bilanzüberschüssen steht eine Vielzahl von einzelnen technischen Maßnahmen zur Verfügung, die je nach betrieblichen Bedingungen auch betriebswirtschaftlich sinnvoll sein können. Eine Einsparung von N-Mineraldünger trägt auch zur Verringerung der N-Auswaschung in Gewässer und gasförmiger NH_3 -Verluste bei. Ohne Berücksichtigung von THG-Emissionen aus der Vorkette und unter der Annahme, dass N-Überschüsse reduziert werden (dadurch Vermeidung direkter und indirekter N_2O -Emissionen und Kosteneinsparung von N-Mineraldünger), entsprechen Vermeidungskosten von 1 € pro kg N einer Kostenwirksamkeit von rd. 30 € t $CO_{2äq}$. Derart geringe Kosten je kg reduzierter N-Überschuss sind aber kaum erreichbar. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Wasserschutzzielen stellen sich Maßnahmen zur Steigerung der N-Effizienz aber günstiger dar.

Waldbewirtschaftung

In den deutschen Wäldern wurde in den letzten Jahrzehnten in erheblichem Umfang CO₂ in Biomasse festgelegt (jährlich 75 Mt CO₂). Die Art der Waldbewirtschaftung und der Umfang bzw. die Struktur der Holzentnahme bestimmen den Umfang der CO₂-Festlegung.

Die Holzvorräte in Deutschland sind im historischen und regionalen Vergleich hoch. Dadurch steigt das Risiko für einen unkontrollierten Abbau der Vorräte (z.B. durch Naturkatastrophen wie Sturmwurf, Insektenkalamitäten). Außerdem sind die Potentiale für eine weitere CO₂-Festlegung in Biomasse begrenzt. Die Holzernte entnimmt Biomasse dem Wald und senkt zeitweilig den Holzvorrat. Durch waldbauliche Steuerung kann eine Holznutzung zu zuwachskräftigen, stabilen und vorratsreichen Wäldern und einer Sicherung und Verbesserung ihrer CO₂-Senkenfunktion beitragen. Eine hohe Vorratshaltung steigert dabei das Risiko für den Vorratserhalt und geht i.d.R. mit eher geringeren Zuwächsen einher. Kahlschlagfreie Bewirtschaftung vermeidet zudem den Humusabbau und die Freisetzung von CO₂ und N₂O.

Die Zunahme des Holzzuwachses kann z. B. durch einen Baumartenwechsel hin zu schneller wachsenden Baumarten (z. B. Douglasie oder Roteiche) oder Herkünften, durch eine Ausnutzung zuwachsstarker Altersperioden mittels Absenkung der Umtriebszeit, durch Steuerung der Durchforstung oder durch Düngung zur Zuwachssteigerung erreicht werden. Die Absenkung der Umtriebszeit führt allerdings zu einer Reduktion der C-Vorräte in der mittleren stehenden Biomasse und dazu zu einer C-Quelle. Diese Maßnahme steht damit im Gegensatz zum Erhalt der C-Vorräte im Forst.

3.2.2.2 Landnutzungsänderungen

Die Änderung der Landnutzung oder die Konservierung bestehender Landnutzungsverhältnisse wird maßgeblich vom Vorhandensein einzelwirtschaftlich attraktiverer Nutzungsalternativen und deren Opportunitätskosten bestimmt. Die Opportunitätskosten hängen wiederum stark von den Fördermitteln der ersten und zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik ab.

Einschränkungen der Produktion durch Teile der Landwirtschaft können durch Verlagerungseffekte zur Intensivierung und Landnutzungsänderungen an anderen Orten führen, auch außerhalb von Deutschland.

Schutz von Dauergrünland vor Umbruch und Umwandlung in Ackerland

Beim Umbruch von Dauergrünlandflächen wird ein Teil der Bodenkohlenstoffvorräte zu CO₂ abgebaut, insbesondere bei Umwandlung in Ackerland. Dabei wird auch Stickstoff freigesetzt, der zum Teil als N₂O entweicht. Emissionen aus Grünlandumbruch betragen laut NIR im Jahr 2004 knapp 1 Mt CO_{2äq}. Ein Schutz von Grünlandflächen vor Pflügen und Umwandlung in Ackerland vermeidet diese CO₂- und N₂O-Emissionen, mit positiven Effekten für den Gewässerschutz (Nitratauswaschung) und den Naturschutz (Grünland als Lebensraum). Die Höhe der Freisetzung von CO₂ und N₂O ist stark standortabhängig. Alte Grasnarben, humose und moorige Standorte weisen höhere Bodenkohlenstoffvorräte auf als junges Grünland auf Mineralboden. Auf Niedermoorböden kann die Differenz der THG-Freisetzung zwischen Acker- und Grünlandnutzung aufgrund der stärkeren Grundwasserabsenkung unter Ackerland besonders groß sein.

Die derzeit relative ökonomische Überlegenheit des Ackerfütterbaus gegenüber der Grünlandnutzung führt zu steigenden Opportunitätskosten einer Grünlanderhaltung. Vor diesem Hintergrund besteht die Gefahr, dass ein kurzfristig angelegter Grünlandschutz nur ein zeitliches Aufschieben der Freisetzung von Boden-C und N bedeuten würde. Während dadurch eine zeitlich befristete THG-Freisetzung verhindert wird, kumulieren die jährlich anfallenden Opportunitätskosten alternativer Nutzungen zu langfristig sehr hohen Kosten, wenn nicht alternative Nutzungen des Grases, z.B. für Bioenergie gefunden werden. Die Kostenwirksamkeit ist somit stark von der Länge des Betrachtungszeitraums abhängig.

Vor diesem Hintergrund braucht die Landwirtschaft alternative Nutzungsoptionen für heutige Grünlandflächen. Das könnten sein: Grünlandnutzung zur Produktion von Biogassubstraten, Etablierung von Kurzumtriebsplantagen, Extensivweide auf naturschutzfachlich wertvollen Flächen.

Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland

Umgekehrt bewirkt eine Etablierung von Dauergrünland auf bisherigem Ackerland längerfristig eine gewisse Akkumulation von Bodenkohlenstoff, weil eine beständige Grasnarbe ein Humusniveau erhält, das nicht abgebaut wird. Aufgrund geringer wirtschaftlicher Attraktivität und geringer Akzeptanz für eine Etablierung von neuem Dauergrünland ist kaum Flächenpotential zu erwarten.

Renaturierung und Vernässung von Niedermooren

Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren machen mit mehr als 40 Mt CO_{2äq} über ein Drittel aller direkten Emissionen aus der Landwirtschaft aus. Auf meliorierten Standorten kommt es zu CO₂- und N₂O-Freisetzen von bis zu 15 t CO_{2äq}/ha und Jahr. Gerade bei mächtigeren, entwässerten Torfkörpern kann es über viele Jahre hinweg zu hohen Emissionen kommen. Die Erhöhung des Grundwasserspiegels vermindert den Torfabbau, bei starker Vernässung kann sogar wieder eine C-Akkumulation einsetzen. Allerdings steigen bei Vernässung auch die CH₄-Emissionen an.

Eine Vernässung von Niedermooren hat eine Aufgabe der Ackernutzung und der intensiveren Grünlandnutzung zur Folge. Je nach vorhandener Nutzungsintensität und Wirtschaftlichkeit ist eine Nutzungsänderung unterschiedlich teuer und problematisch. In größeren Niederungen können sehr viele Flächeneigentümer und –bewirtschafter und auch Siedlungen und Infrastruktur betroffen sein, was die Umsetzbarkeit stark erschwert und ggf. ganz verhindert. Kosten können bei Kauf durch die öffentliche Hand sehr hoch liegen, unter Berücksichtigung von Zielen des Wasser- und Naturschutzes können jedoch bei Anrechnung der Beiträge zu den einzelnen Zielen besonders bei längeren Betrachtungszeiträumen von über 10 Jahren günstigere Kostenwirksamkeiten der CO_{2äq}-Vermeidung resultieren. Eine Nutzung der Biomasseaufwüchse von vernässten Flächen kann die Kostenwirksamkeit tendenziell verbessern.

Aufforstung

Die Aufforstung bisheriger Acker- und Grünlandflächen führt zu einer Akkumulation von Kohlenstoff im Holzaufwuchs und im Boden. Sie erfolgt vor allem auf für die landwirtschaftliche Nutzung ungünstigen Standorten. Damit verbunden sind v. a. positive Effekte für den Wasserschutz, während der Etablierung kann es jedoch im Falle einer Bodenbearbeitung zu Stoffausträgen und Erosion kommen. Im Jahr 2005 wurden etwa 5 Mt CO₂ durch Aufforstungsmaßnahmen gebunden. Die CO₂-Vermeidungskosten durch Aufforstungen liegen bei rd. 50 €/t (ohne Berücksichtigung von Fördermitteln). Angesichts der Entwicklungen im Agrarbereich dürften allerdings in Deutschland nur wenig landwirtschaftliche Flächen für Aufforstungen zur Verfügung stehen.

3.2.2.3 Tierhaltung

CH₄-Emissionen aus der Verdauung der Wiederkäuern

Die Emissionen aus den Verdauungstrakten von Rindern und Schafen betragen rd. 17 Mt CO_{2äq}. Veränderte Zusammensetzungen der Futterrationen und die Verwendung von Futterzusatzstoffen könnten die CH₄-Emissionen aus dem Verdauungstrakt der Rinder und Schafe in unterschiedlichem Umfang weiter reduzieren. Dabei kommen erhöhte Kraftfuttermengen, Fette, und die Zusatzstoffe Ionophore (in der EU z.Z. verboten), Halogenderivate, Propionsäurevorstufen (organische Säuren), sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und Hefen in Betracht. Daneben wird an Methoden zur Immunisierung gegen bestimmte, den Pansen besiedelnde Mikroben gearbeitet. Die Wirkungssicherheit und Kontrollierbarkeit dieser Optionen ist aber begrenzt. Direkt auf die verdauungsbedingten Emissionen wirkende Maßnahmen stehen somit derzeit nicht zur Verfügung oder sind aus Gründen des Tierschutzes abzulehnen.

Dagegen tragen die Erhöhung der tierischen Leistungen, eine effiziente Futtermittelverwertung sowie eine Verlängerung der Lebens- und Nutzungsdauer zur Reduzierung der produktbezogenen THG-Emissionen bei. Ein Beispiel für die Wirkungen erhöhter Tierleistungen ist die Milchproduktion. Durch steigende Einzeltierleistungen haben sich die direkten Emissionen aus der Milchviehhaltung und der Nachzucht von Färsen (CH₄ aus Verdauung und Wirtschaftsdüngerlagerung, N₂O aus Wirtschaftsdüngerlager und -ausbringung, ohne Berücksichtigung der Futterproduktion) seit 1992 (also nach weitgehendem Abschluss des Viehbestandsabbaus in den Neuen Ländern) um rd. 1 Mt CO_{2äq} verringert. Die THG-Emissionen je kg Milch gingen dabei um rd. 7 % zurück. Der biologisch-technische Fortschritt wird auch weiterhin zu graduellen Verbesserungen beitragen. Eine weitere Option besteht im Umbau der Rinderherden, wobei Mutterkühe als „Landschaftspfleger“ durch Nachzuchtfärsen der Milchviehherde ersetzt werden können. Nachzucht für die Rindermast könnte mit Hilfe von Kreuzungen durch die Milchviehherde sowie durch Färsen-Vornutzung erzeugt werden.

CH₄- und N₂O-Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung

Aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (Lagerung) stammen rd. 8 Mt CO_{2äq} (5 Mt CH₄ und 3 Mt N₂O). Gasdichte Lagerung von Gülle, vorzugsweise über eine Kofermontierung in Biogasanlagen, reduziert die CH₄- und N₂O-Emissionen aus der Güllelagerung. Dabei werden auch die gasförmigen NH₃-Verluste aus der Lagerung unterbunden. N₂O-Emissionen werden

möglicherweise z. T. nur auf die Zeit nach der Ausbringung verlagert, und bei der Ausbringung können erhöhte NH_3 -Emissionen auftreten. Ein zunehmender, statistisch aber nicht erfasster Anteil der Emissionen wurde in den letzten Jahren bereits durch Kofermentierung in Biogasanlagen und anschließende gasdichte Lagerung vermieden. Die Kostenwirksamkeit von Biogasanlagen zur THG-Vermeidung steigt mit höheren Anteilen von Wirtschaftsdünger. Besonders günstig wäre vor diesem Hintergrund eine Erhöhung des Wirtschaftsdüngeranteils in bereits bestehenden Anlagen.

3.2.2.4 Direkte Emissionen aus dem Energieeinsatz

Der Agrarsektor emittiert rd. 6,5 Mt $\text{CO}_{2\text{äq}}$ direkt aus der Nutzung fossiler Energieträger. Schwerpunkte für den Energieverbrauch sind beheizte Gewächshäuser und Ställe (besonders Schweine und Geflügel), die wendende Bodenbearbeitung und Transporte. Einsparungen fossiler Energieträger im Agrarsektor werden durch effizientere Technologien, energiesparende Verfahren (z. B. reduzierte Bodenbearbeitung, Außenklimaställe) und Substitution durch erneuerbare Energien ermöglicht. Besonders im energieintensiven Gartenbau, der rund 1/3 der landwirtschaftlichen Heizenergie verbraucht, besteht ein erhebliches Potential zur Steigerung der Energieeffizienz.

3.2.3 Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Nachwachsende Rohstoffe können zum einen zur langfristigen Festlegung von Kohlenstoff beitragen (z.B. Bauholz, langlebige Holzprodukte), zum anderen bei stofflicher wie energetischer Nutzung unter hohen Energieeinsatz hergestellte Stoffe (Aluminium, Glas, Plastik, ...) bzw. fossile Energieträger ersetzen. Hinzu kommen die guten Eigenschaften von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen bei der Wärmedämmung, die Heizenergieeinsparungen ermöglichen. Eine Kaskadennutzung nachwachsender Rohstoffe durch (mehrfache) stoffliche Nutzung und anschließende energetische Verwertung ist eine weitere Option, die eine mehrfache Substitution ermöglicht.

Für die Landwirtschaft hat die Bedeutung der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe deutlich zugenommen. So wurden im Jahr 2007 in Deutschland rd. 2 Mio. ha für die landwirtschaftliche Erzeugung nachwachsender Rohstoffe genutzt (273.600 ha Industriepflanzen für die stoffliche Nutzung, 1.771.000 ha Energiepflanzen).

Bei der Gewinnung regenerativer Energien spielt Biomasse eine wesentliche Rolle. Von den insgesamt im Jahre 2007 aus regenerativen Quellen erzeugten 224.204 GWh Endenergie wurden 9.980 GWh für Strom (11,4% der regenerativen Stromerzeugung), 79.289 GWh für Wärme (87,9% der regenerativen Wärmeerzeugung) und 46.556 GWh für Kraftstoffe (100%

der regenerativen Kraftstoffproduktion) bereitgestellt. Der Anteil biogener Energieträger liegt damit bei der regenerativen Energieerzeugung bei 60,6% (bezogenen auf die Endenergie). Mit dem Einsatz biogener Energieträger wurden THG-Emissionen von 47,7 Mt CO_{2äq} vermieden.

Für die energetische Nutzung von Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft steht eine Vielzahl von Optionen zur Verfügung. Ziel ist dabei die Substitution fossiler Energieträger. Die beim pflanzlichen Wachstum gebundene Kohlenstoffmenge wird bei Verbrennung emissionsneutral wieder freigesetzt. Zusätzlich sind allerdings auch die bei der Biomasseproduktion entstehenden, direkten und indirekten THG-Emissionen zu berücksichtigen. Bei Inanspruchnahme produktiver Agrarflächen sind durch die Konkurrenz mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion Verdrängungseffekte zu erwarten, die eine Intensivierung und Flächennutzungsänderungen an anderer Stelle zur Folge haben können.

Von besonderer Bedeutung sind derzeit die Biokraftstoffe, vor allem Biodiesel, und Biogas. Allerdings sind die CO₂-Vermeidungskosten für Biokraftstoffe besonders hoch.

Die Produktion von Festbrennstoffen auf weniger produktiven Flächen weist hohe Energieerträge pro Hektar auf und verringert dadurch unerwünschte Nebeneffekte wie Intensivierung und Flächennutzungsänderungen. Die Holzproduktion für Energie aus Biomasse bietet Synergien mit Zielen des Wasser-, Natur- und Landschaftsschutzes. Mit der Nutzung von Rest- und Abfallstoffen, zu denen auch die Biomasse aus der Landschaftspflege mit rd. 2,2 Mt p. a. gehört, stehen erhebliche Potenziale zur Verfügung. Auch die Kaskadennutzung landwirtschaftlicher Produkte und der verstärkte Einsatz von Gülle in Biogasanlagen, vor allem in bereits bestehenden Anlagen, können zu einer verbesserten Kostenwirksamkeit des Klimaschutzes durch Biomasse beitragen.

3.2.4 Fischerei

Die Fischerei ist die einzige industrialisierte Lebensmittelproduktion, die zu einem erheblichen Teil auf den natürlich vorkommenden Wildpopulationen basiert. THG-Emissionen entstehen insofern nur bei der Nutzung von Betriebsmitteln bzw. deren Herstellung (vorgelagerte Sektoren). Maßgeblich ist der Energiebedarf der Seefischerei. Dabei werden etwa 60% des verwendeten Treibstoffes zum Vortrieb der Fischereifahrzeuge verwendet, während etwa 35% für den Fang und die Kühlung notwendig sind. Die restliche Energie wird für Beleuchtung, Navigation etc. benötigt. Am Beispiel Dorsch ergeben sich Energieaufwendungen für ein kg gefrorenes Filet aus der Ostsee von insgesamt etwa 90 MJ/kg, wovon die Fischerei alleine 72% verbraucht, während die Fischindustrie nur etwa 1,8 MJ/kg benötigt. Ähnlich wie bei der Energiebedarfsbetrachtung wird der Hauptteil der CO₂-Emissionen im Bereich des Lebensmittels Fisch durch die Fischerei verursacht. Durch die

Verwendung von Industriefischen zur Fütterung der Fische in Aquakultur ist die CO₂-Emission pro kg Fisch bei Aquakulturfischen mit der durch die Seefischerei bedingten vergleichbar. Wenn man das Beispiel des Ostseedorsches aufgreift, werden etwa 12 kg CO₂-Äquivalente je kg Fischfilet durch den Verzehr von (zuvor gefrorenem) Filets verursacht. Auf die Fischereitätigkeit entfallen dabei etwa 90% der gesamten verursachten produktbezogenen CO₂-äquivalenten Umweltbelastung. Wird der Bereich der Fischerei (incl. der dort verwendeten Energie zur Kühlung) ausgelassen, so werden etwa 1,2 kg CO₂ pro kg Dorschfilet freigesetzt, der weitaus größte Teil dieser Menge (ca. 95% entspricht etwa 1,1 kg) entfällt auf die Transporte. Dabei hat der Transport des Kunden vom Einzelhandelsgeschäft zu seinem Haushalt den größten Anteil an der durch den Transport verursachten CO₂-Belastung. Im Gegensatz zum Dorschbeispiel wird der Fang in der dänischen Plattfischfischerei aber nur für etwa 50% der CO₂-Emissionen verantwortlich gemacht. 10% des CO₂-Verbrauches wird dem Handel (in erster Linie Transport) und der Verarbeitung und etwa 30% auf Seiten des Verbrauchers zugerechnet.

Überwiegend gilt, dass die Hauptbeiträge zur Umweltbelastung der Fischerei von der Seefischerei und von der Produktion in Aquakulturen (auf tierischer mehr als auf pflanzlicher Futterbasis) ausgehen. Die fischverarbeitende Industrie trägt nur zu einem geringen Teil zu den Belastungen bei. Einsparpotentiale ergeben sich daher überwiegend durch Steigerung der Energieeffizienz der Fangmethoden (z.B. verstärkter Einsatz passiver Fanggeräte), aber auch durch Verbesserung der Erreichbarkeit der Ressource, z.B. durch gezielten Wiederaufbau küstennaher Bestände.

3.2.5 Verarbeitung von Lebensmitteln

Die Lebensmittelverarbeitung trägt mit einem Anteil von 5-10%, bezogen auf die gesamten produktbezogenen THG-Emissionen, vergleichsweise wenig zu den THG-Emissionen im Bereich Lebensmittelproduktion/Ernährung bei. Dabei werden direkte gasförmige Emissionen nur bei wenigen Verarbeitungsprozessen freigesetzt und sind im Vergleich zum Ausmaß indirekter Emissionen als eher geringfügig einzuschätzen. CO₂-Rückgewinnungsverfahren⁵ sind daher kaum zielführend. Indirekte Emissionen resultieren in erster Linie aus dem prozessabhängigen Energieverbrauch, wobei thermische Behandlungen (Heizen, Kühlen) und intensive mechanische Eingriffe (Zerkleinern, Pressen) bedeutende Anteile haben. Bei der Lebensmittelverarbeitung können die THG-Emissionen vor allem durch eine energieeffiziente

⁵ Mit CO₂-Rückgewinnungsverfahren sind Verfahren gemeint wie sie z.B. bei der Bierherstellung eingesetzt werden. CO₂ stellt ein Nebenprodukt der alkoholischen Gärung dar und ist gleichzeitig ein benötigter Hilfsstoff bei der Bierherstellung. Es wird daher in immer mehr Brauereien aufgefangen und zurückgewonnen. Um Verschleppungen von Kontaminationen zu vermeiden, durchläuft CO₂ dabei verschiedene Verfahrensschritte innerhalb der CO₂-Rückgewinnungsanlage. Durch Waschen, Verdichten, Trocknen, Reinigen und Verflüssigen werden nacheinander die unterschiedlichen Gruppen an Verunreinigungen entfernt.

Produktion, Lagerung sowie Logistik und durch eine Minimierung bzw. Optimierung von Verpackungsmaterial reduziert werden. Die vielfältigen, individuellen Ansätze zur nachhaltigen Nutzung etablierter Verarbeitungsverfahren zur Einsparung von Energie und der Reduktion klimarelevanter Gase wird nicht zuletzt aus Kostengründen schon seit vielen Jahren verfolgt. Zur Energieeinsparung werden zudem modifizierte oder neuartige Produktionsverfahren entwickelt. Bei der Erzeugung von Energie ist die Anwendung der Kraft-Wärme-Kopplung, auch in Verbindung mit Biogasanlagen, eine effiziente Versorgungsvariante. Durch eine Zertifizierung von Produktionsunternehmen lassen sich Möglichkeiten zur Energieeinsparung bzw. zur Reduktion von THG aufzeigen. Im März 2008 wurde die Anzahl der EMAS-zertifizierten Unternehmen und Organisationen des Ernährungsgewerbes in Deutschland mit 103 angegeben. Neben einer möglichst effizienten Nutzung landwirtschaftlicher Rohwaren, die Verarbeitungsrückstände weitgehend vermeidet, ist der Umgang mit unvermeidlichen Reststoffen von Bedeutung. Die gezielte Aufarbeitung der werthaltigen Reststoffe aus konventioneller Verarbeitung erfordert zwar einen weiteren Energieeintrag, erlaubt jedoch eine zusätzliche Wertschöpfung und vermeidet die bloße Freisetzung von THG bei der Kompostierung oder bei der Lagerung auf einer Deponie. Außerdem können Verarbeitungsrückstände sowie Lebensmittelreste aus der Nahrungsgüterproduktion zur Energiegewinnung genutzt werden. Nicht zuletzt ist bei der Herstellung von Lebensmitteln der Trinkwasserverbrauch zu reduzieren und die Trinkwasseraufbereitung zu optimieren.

Ein Teil der Lebensmittelindustrie (rd. 100 Anlagen während der ersten Handelsperiode 2005 – 2007) unterliegt dem Treibhausgasemissionshandelsgesetz (TEHG). Neben Emissionseinsparungen in den Anlagen können auch die Kyoto-Mechanismen (Zertifikatehandel, Projektmechanismen) genutzt werden.

3.2.6 Handel und Transport von Lebensmitteln

Der Handel trägt wenig zu den THG-Emissionen im Bereich Ernährung bei (5-10%). Trotzdem werden auch hier noch Einsparpotentiale gesehen (rd. 5%). Bei der Rohstoffeffassung sind Gebietsüberlappungen von verschiedenen Produktionsstätten zu vermeiden. Die eingesetzten Transportfahrzeuge zum verarbeitenden Betrieb sollten optimal eingesetzt und ausgelastet werden. Der Trend zu größeren Produktionsstätten erscheint solange sinnvoll, bis der dadurch sinkende Energiebedarf pro Einheit des verarbeiteten Lebensmittels durch den erhöhten Energiebedarf bei der Rohstoffanlieferung kompensiert wird. Ähnliche Überlegungen sind bei der Distribution der hergestellten Produkte anzustellen, wobei hier die Transportwege noch deutlich vielschichtiger sind. Sie führen nicht nur zum Handel, sondern auch zur weiterverarbeitenden Lebensmittelindustrie, zu Großverbrauchern oder auch Produktionspartnern. Im- und Exporte erschweren zusätzlich die Übersicht.

Dennoch ist es notwendig, den Energieverbrauch durch Rohstoffeffassung, Produktverarbeitung und -distribution bei verstärkter Überregionalität bzw. Internationalität einerseits und bei einer verstärkten Regionalität andererseits zu prüfen. Beispielsweise stellen eingeflogene Lebensmittel aus Übersee eine sehr große Klimabelastung dar. Die CO₂-Emission von Flugtransporten wird um 177mal höher eingeschätzt als bei Schiffstransporten.

3.2.7 Konsum von Lebensmitteln

Das Bedürfnisfeld Ernährung trägt insgesamt mit einem Anteil von etwa 16-20 % erheblich zu THG-Emissionen Deutschlands bei. Davon entstehen 55% bei der Herstellung und Vertrieb (durch Produktion, Verarbeitung und Gütertransporte). 45% entstehen durch den Energieverbrauch bei der Lagerung, Zubereitung und dem Konsum von Lebensmitteln in privaten Haushalten und dem Außer-Haus-Verzehr. Davon haben die privaten Einkaufsfahrten einen relativ großen Anteil von rund 5%.

Ein ganz wesentlicher Faktor ist der Anteil der Tierprodukte bei der Ernährung. Der weitaus größte Anteil der Emissionen fällt bei der Produktion und Verarbeitung von Milchprodukten (53% bei einem durchschnittlichen Konsum von 287 kg/Haushalt/Jahr) und Fleisch, insbes. Rindfleisch (25% bei einem durchschnittlichen Konsum von 106 kg/Haushalt/Jahr) an. Auf Gemüse, das mit 31% (durchschnittlich 317 kg/Haushalt/Jahr) mengenmäßig den größten Anteil am Lebensmittelverzehr ausmacht, entfallen rund 10 % der THG-Emissionen. Insofern beinhaltet die Zusammensetzung des Speiseplans das größte Einsparpotential. So wird geschätzt, dass mit einer fleischreduzierte Kost gegenüber einer Mischkost bis zu 27%, und mit einer vegetarischen Kost weitere 15% (d.h. insgesamt bis zu 42%) der THG-Emissionen eingespart werden könnte.

Weitere Einsparpotentiale werden gesehen durch den Verzehr von saisonalen Freilandprodukten (bis zu 5%), von regionalen Produkten (rd. 5%), bei Änderung der Verzehrsgewohnheiten durch Ökoprodukte (rd. 6%) sowie durch den Verzicht auf Tiefkühlprodukte (rd. 2%). Des Weiteren tragen energiesparende Haushaltsgeräte und die Wahl klimafreundlicher Verkehrsmittel beim Einkauf nicht unwesentlich zu einer Reduzierung der CO₂-Emissionen bei. Die Zahlenangaben beruhen immer auf Schätzungen und hängen von vielfältigen Faktoren ab, es gibt daher eine große Schwankungsbreite.

Hieraus werden für die Verbraucher folgende Empfehlungen für eine klimaschonende Ernährung abgeleitet:

- Mehr pflanzliche und weniger tierische Lebensmittel.
- Keine Produkte, die per Flugzeug importiert werden, möglichst regionale Lebensmittel.

- Saisonales Gemüse und Obst aus dem Freiland.
- Frische, gering verarbeitete Lebensmittel statt Tiefkühlware.
- Energieeffiziente Haushaltsgeräte.
- Einkaufen zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit öffentlichen klimafreundlichen Verkehrsmitteln.
- Vermeidung von Lebensmittelverderb.

Diese empfohlenen Veränderungen im Verbraucherverhalten sind weitgehend kostenneutral bis sogar Kosten sparend zu bewerkstelligen. So ermittelt ein Vergleich der Lebensmittelkosten für verschiedene Ernährungsweisen für Vollwertköstlerinnen um 12% geringere Lebensmittelkosten als für Mischköstlerinnen.

Die Handlungsempfehlungen für eine klimafreundliche Ernährungsweise entsprechen vollständig den Empfehlungen für eine gesunde Ernährung. Ihre Umsetzung kann nicht nur negative gesundheitliche Folgen für die Betroffenen vermeiden, sondern auch hohe ernährungsrelevante Gesundheitskosten. So zeigt sich in diesem Fall eine hohe Zielkongruenz: eine gesunde Ernährung tut nicht nur den Menschen, sondern auch der Umwelt und dem Klima gut.

3.3 Maßnahmen des Bundes

In Anbetracht der Probleme⁶ bei der Ermittlung der gesamten CO_{2äq}-Emissionen einzelner landwirtschaftlicher Betriebe wird es auf absehbare Zeit nicht möglich sein, die einzelnen Betriebe (etwa analog zu energieintensiven Großbetrieben in der Industrie) als Akteure in das EU-Emissionshandelssystem einzubinden. Die politische Herausforderung besteht deshalb darin, Maßnahmen bzw. eine geeignete Kombination von Maßnahmen zu entwickeln, die administrierbar sind, in der Summe zu einer effizienten Anpassung des Agrar- und Ernährungssektors im Sinne des Klimaschutzes führen und dem Ziel der Versorgung mit Lebensmitteln, nachwachsenden Rohstoffen und Umweltgütern nicht zu wider laufen. Zur Entwicklung effizienter, nachhaltig wirkender Fördermaßnahmen besteht Forschungsbedarf.

Die Auswahl von Klimaschutzmaßnahmen im Agrar- und Ernährungsbereich sollte sich an den CO₂-Vermeidungskosten unter Berücksichtigung multifunktionaler Effekte orientieren. Hierzu besteht in vielen Fällen noch Forschungsbedarf. Wichtige Handlungsfelder können aber auf Basis der verfügbaren Erkenntnisse bereits benannt werden.

⁶ Große Zahl z.T. sehr unterschiedlicher Quellen und Senken, zeitliche und räumliche Abgrenzung, Kontrolle

Schutz von Dauergrünland vor Umbruch und Umwandlung in Ackerland

Derzeit findet in vielen Bundesländern ein verstärkter Grünlandumbruch statt. Dies liegt zum einen an der höheren ökonomischen Vorzüglichkeit einer ackerbaulichen Nutzung, zum anderen hat die letzte Agrarreform die Möglichkeit eröffnet, bisherige Grünlandflächen ohne Ausschluss von Direktzahlungen als Acker zu nutzen. Bis 2005 galt für Flächen, die vor dem 31.12.1991 als Grünland genutzt wurden, ein Ausschluss von Direktzahlungen für Ackerkulturen. Der Abnahme des beihilfefähigen Dauergrünlands soll durch Landesverordnungen der betroffenen Bundesländer mit Genehmigungspflichten bei Dauergrünlandumbruch in Anwendung der geltenden Cross-Compliance-Regelung entgegengewirkt werden. Auch ein besserer Vollzug bestehender Beschränkungen des Grünlandumbruchs durch Naturschutz- und Wasserschutzgesetze kann zum Grünlandschutz beitragen. Langfristig wird es aber darauf ankommen, die ökonomische Vorzüglichkeit von Grünland im Vergleich zum Ackerfutterbau zu verbessern. Wird dieses Problem nicht gelöst, muss mit Förderprogrammen oder anderen ordnungsrechtlichen Instrumenten nach Lösungen gesucht werden.

Renaturierung und Vernässung von Niedermooren

Ein erster Schritt für den Schutz von Mooren ist eine konsequentere Grünlanderhaltung auf humusreichen Böden und Moorstandorten. Für den Ausbau erneuerbarer Energien aus Biomasse stellt die Vernässung von Niedermooren und Nutzung zur Bereitstellung von Festbrennstoffen eine sinnvolle Option dar. In einigen Bundesländern bestehen Moorschutzprogramme zur Renaturierung, die im Rahmen von Projekten oder Flurneuordnungen, als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Naturschutzrecht, im öffentlichen Wald oder im Rahmen der forstlichen Förderung umgesetzt werden. Ein Ausbau solcher Programme unter Berücksichtigung multifunktionaler Effekte (Wasser-, Wald- und Naturschutz, Biomasseproduktion) sollte geprüft werden.

Aufforstung

Aufforstung ist ein Fördertatbestand in der Mehrzahl der Bundesländer, der Beitrag zum Klimaschutz wird aber aufgrund geringer wirtschaftlicher Attraktivität, geringer Flächenpotentiale und limitierter Förderbudgets nicht wesentlich über das bereits erreichte Maß hinausgehen. Erstaufforstungen bieten sich auch als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Naturschutzrecht an. Planungsrechtlich kann die Neuwaldbildung durch die Ausweisung von Aufforstungsgewannen in der Landschafts-/Flächennutzungsplanung unterstützt werden.

Maßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion

CH₄- und N₂O-Emissionen sind eng mit der Produktionstätigkeit verknüpft. Dabei gibt es durchaus große Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben. Bei Anwendung guter fachlicher Praxis sind Emissionsreduktionen zu erwarten. Durch gezielte Forschung und Beratung kann der biologisch-technische Fortschritt weiter entwickelt und der Produktion zur Verfügung gestellt werden.

Reduzierung von Methanemissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung

CH₄-Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung sollten durch verstärkte Kofermentierung in Biogasanlagen und Lagerung in gasdichten Gärrestlagern reduziert werden, gerade auch durch Erhöhung des Wirtschaftsdüngeranteils in bereits bestehenden Anlagen. Dazu können Anreize oder Auflagen zur Nutzung von Wirtschaftsdünger als Koferment in Biogasanlagen sowie Förderung und/oder Auflagen zur gasdichten Lagerung der Gärreste beitragen. Neue Biogasanlagen sollten in jedem Fall über ausreichende und gasdichte Gärrestlager verfügen. Der Wirtschaftsdüngereinsatz in Biogasanlagen sollte zur Dokumentation der erzielten Klimaschutzwirkungen statistisch erfasst werden.

Reduzierung von Lachgasemissionen aus der Düngung

Gemäß der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ist der derzeit noch vorhandene landwirtschaftliche N-Überschuss nach Gesamtbilanz (sektorale Hoftorbilanz) um 20 kg/ha auf 80 kg/ha bis zum Jahr 2010 zu senken. Diese Reduzierung würde einer Reduzierung der Lachgasemissionen um rd. 3 Mt CO_{2äq} pro Jahr einhergehen. Gemäß Düngeverordnung sind bis zum Jahr 2011 die einzelbetrieblichen Bilanzüberschüsse auf 60 kg/ha zu senken (andere Berechnungsgrundlage). Damit trägt die Düngeverordnung bereits erheblich zur Verringerung der N-Bilanzüberschüsse in der Landwirtschaft bei.

Maßnahmen zur Steigerung der N-Ausnutzung in der Landwirtschaft tragen zur Reduzierung der N₂O-Emissionen aus der Landwirtschaft bei. Konkret sollten Maßnahmen zur stärkeren Verbreitung N-reduzierter Fütterung und zur Steigerung der Ausnutzung von N-Düngern in der Landwirtschaft entwickelt und umgesetzt werden. Darüber hinaus sollten noch nährstoffeffizientere Pflanzen entwickelt und angebaut werden. In diesen Fällen sind relativ geringe CO₂-Vermeidungskosten für die Betriebe zu erwarten. Mit der Umsetzung

entsprechender Politiken wären jedoch relativ hohe Verwaltungs- und Beratungskosten verbunden.

Energieeinsparung

Steigende Energiepreise und die Besteuerung von Energieträgern führen zu Energieeinsparungen in den land- und forstwirtschaftlichen Unternehmen. Eine verstärkte Beratung bezüglich Energieeinsparungen, „Energie-Checks“ für land- und forstwirtschaftliche Betriebe sowie Forschung und Entwicklung können zu einer Beschleunigung dieser Anpassungsprozesse beitragen. Hierzu gibt es inzwischen Förderangebote auch in der GAK.

Gemäß dem Integrierten Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung vom 05.12.2007 ist u.a. vorgesehen, dass der Bund im Rahmen der Förderprogramme für Klimaschutz und Energieeffizienz ein Bundesprogramm „Energieeffizienz Landwirtschaft und Gartenbau“ auflegt, das die nachhaltige Senkung des Verbrauchs an fossilen Heizstoffen zum Ziel hat. Im Mittelpunkt steht insbesondere der Gartenbau, da dort ein Drittel der von der Landwirtschaft benötigten Brennstoffenergie benötigt wird. Der Bund fördert mit rd. 2,8 Mio. € Investitionsmitteln das Modellprojekt ZINEG „Zukunftsinitiative Null-Energie-Gewächshaus“.

Forschung

Es besteht z.T. erheblicher Forschungsbedarf für ein besseres Verständnis des Emissionsgeschehens. Quantitative Schätzungen bedarf es insbesondere zu Emissionen aus Böden und für System-, Betriebs- und Produktvergleiche. Die Inventare, Ökobilanzen und Lebenszyklusanalysen sind für THG weiter zu entwickeln.

Die Ressortforschung des BMELV wurde 2008 unter stärkerer Berücksichtigung des Themas Klimaschutz neu strukturiert und in den BMELV-Forschungsplan 2008 wurde der Themenkomplex „Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel“ nun als eines der 7 Hauptziele der Ressortforschung aufgenommen. Die einzelnen Forschungsinstitute bearbeiten zum Thema Minderung folgende Hauptaufgaben:

- Inventarisierung unerwünschter klimarelevanter und luftverschmutzender Emissionen aus der Land- und Ernährungswirtschaft einschließlich Untersuchungen zur flächendeckenden Erfassung gasförmiger Emissionen aus Böden und Bewuchs sowie deren Bewertung.
- Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Verfahren zur Senkung unerwünschter klimarelevanter Emissionen aus der Agrar- und Fischereiwirtschaft.

- Inventarisierung der Bindung von atmosphärischem Kohlenstoffdioxid in ober- und unterirdische Biomasse.
- Entwicklung bzw. Weiterentwicklung des Schutzes und des Ausbaus biogener Kohlenstoffspeicher.
- Weiterentwicklung nachwachsender Rohstoffe zur nachhaltigen und stärkeren Substitution fossiler Energieträger und fossiler/mineralischer Rohstoffe sowie Bewertung von technologischen, volkswirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Aspekten.

Hinzu kommen verstärkte Anstrengungen zur Ökobilanzierung von Produktionssystemen und Agrarprodukten sowie bei der Analyse des Landnutzungswandels:

- Ermittlung, Bewertung und Folgenabschätzung der Wirkung unterschiedlicher Produktionssysteme der Land-, Gartenbau-, Forst-, Holz-, Fischerei- und Ernährungswirtschaft unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit, einschließlich Untersuchungen zur Ökobilanzierung.
- Untersuchungen zur Ökobilanzierung von Lebensmitteln und anderen Agrarprodukten.
- Analysen und Projektionen des Landnutzungswandels sowie zur Optimierung der Flächennutzung.

Immer deutlicher wird der verstärkte Forschungsbedarf im Sektor Forstwirtschaft, um Minderungseffekte exakter steuern zu können. Er muss auch die Schnittstellen zur Holzwirtschaft erfassen.

Förderung der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und Bioenergie

Die Bundesregierung fördert die Nutzung nachwachsender Rohstoffe auf vielfältige Weise. Beispielhaft ist zu nennen:

- Förderung von FuE-Projekten zu Kaskadennutzung und Bioraffinerien (Projektanträge zu BMELV-Bekanntmachung sind in Bearbeitung).
- Verbesserung der ordnungspolitischen Rahmenbedingungen bei der stofflichen Nutzung, um die Vorteile der stofflichen Nutzung bei der Klimagasreduzierung besser zu berücksichtigen.
- BMELV, BMBF und BMU haben eine gemeinsame Initiative für einen Bioraffinerie-Cluster Mitteldeutschland gestartet (Finanzierung ist noch offen).
- Mit den Regelungen des Biokraftstoffquotengesetzes werden Inverkehrbringer von Kraftstoffen verpflichtet, einen steigenden Anteil Biokraftstoffe in Verkehr zu bringen. Darüber hinaus sind reine Biokraftstoffe außerhalb der Quote steuerbegünstigt

- Erzeugern von Strom aus regenerativen Quellen werden über das EEG feste Einspeisevergütungen gewährt.
- Über das Marktanreizprogramm fördert die Bundesregierung Investitionen in Anlagen zur Wärme- und Kälteerzeugung aus regenerativen Quellen.
- Mit Mitteln des Förderprogramms Nachwachsende Rohstoffe des BMELV werden Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben unterstützt.
- Das Deutsche Biomasse-Forschungszentrum in Leipzig soll mit seiner Arbeit dazu beitragen, offene Fragen rund um die Biomassenutzung zu beantworten.

4 Anpassung (Adaptation)

Die Klimaanpassung ist eine gesellschaftliche Aufgabe, zu der alle Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Forschung, Verwaltung, Bildung und Politik ihren Beitrag leisten müssen. Die öffentliche Hand hat dabei die Aufgabe, die Voraussetzungen für eine effiziente Anpassung und vorsorgende Planung zu optimieren, so dass die Betriebe kluge Entscheidungen für eine erfolgreiche Anpassung treffen können.

Ein besonderes Engagement hat die öffentliche Hand bei Maßnahmen zu übernehmen, die größere Voraussicht, Planung und überbetriebliches Agieren erfordern. Hierzu zählen insbesondere der Forschungs- und Bildungsbereich und Maßnahmen der Raum- und Regionalplanung.

Diese Anpassungsvoraussetzungen zu realisieren, ist speziell für die Forstwirtschaft angesichts der langen Produktionszyklen, aber auch für Bereiche der Pflanzenzüchtung und der Raum- und Regionalplanung ganz besonders dringlich.

Wenn durch die öffentliche Hand diese Voraussetzungen geschaffen sind, ist davon auszugehen, dass die betroffenen Betriebe die notwendigen Anpassungsmaßnahmen aus eigenem Antrieb umsetzen werden. Denn mit den richtigen Anpassungsmaßnahmen lassen sich Kosten einsparen und Wettbewerbsvorteile realisieren. Außerdem ist davon auszugehen, dass der Markt auf den Klimawandel reagieren und zusätzliche Anpassungsimpulse geben wird.

4.1 Auswirkungen des Klimawandels auf Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei

Auswirkungen für die Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist vom Wetter und Klima maßgeblich abhängig und damit unmittelbar vom Klimawandel betroffen. Dabei können die bereits heute festzustellenden regionalen Unterschiede in der Ausprägung des Klimawandels die Auswirkungen noch verstärken. Regionen, die unter heutigen Bedingungen für eine landwirtschaftliche Nutzung eher zu kühl bzw. zu feucht sind, können von einer allmählichen Erwärmung und der längeren Vegetationsperiode durch den Anbau bisher wärmelimitierter Kulturen profitieren. In bereits heute wärmeren bzw. trockenen Regionen wirkt sich der Klimawandel hingegen eher kritisch aus.

Die steigende atmosphärische CO₂-Konzentration wirkt in der Regel positiv auf das Pflanzenwachstum. Dieser CO₂-Düngeeffekt darf jedoch nicht überbewertet werden, da die Auswirkungen ansteigender Temperaturen und zunehmenden Wassermangels sehr maßgeblich sind. Höhere atmosphärische CO₂-Konzentrationen verändern das Pflanzenwachstum nicht nur quantitativ sondern auch qualitativ, so dass Veränderungen bei der chemischen Zusammensetzung des pflanzlichen Gewebes bis hin zu veränderten Gehalten an Nähr- und Inhaltsstoffen festgestellt werden können.

Kritisch ist die Zunahme der Witterungsextreme zu sehen, denn sie mindern die Ertragssicherheit. Bei vermehrtem Stress durch Hitze, Kälte, Trockenheit oder Nässe ist mit zum Teil erheblichen Ertragsausfällen zu rechnen, insbesondere wenn dieser bereits während sensibler Phasen (wie Blüh- bzw. Reproduktionsstadien) auftritt. Zusätzlich könnten Schäden durch Starkniederschläge, Überflutung bei Hochwasser und Hagel, durch erhöhte Spätfrostgefährdung (v. a. im Obstbau) sowie verringerte Winterhärte zunehmen. Darüber hinaus könnten sich Pflanzenschutzprobleme verstärken, die mit neuen Schadorganismen sowie einer Zunahme des Befallsdrucks durch derzeit unauffällige Schadorganismen einhergehen. Auch sich verändernde Bodenzustände, insbesondere die zunehmende Trockenheit während der Vegetationsperiode und eine höhere Vernässungsgefahr vor allem im Herbst, stellen weitere Herausforderungen an die Bewirtschaftung. Der Humuserhaltung kommt in diesem Zusammenhang eine erhöhte Bedeutung zu.

In der Tierproduktion können höhere Sommertemperaturen die Nahrungsaufnahme und die Produktivität verringern und dadurch deutliche Produktionseinbußen verursachen. Auch für

Einschleppung und Ausbreitung neuer, durch tierische Vektoren verbreitete Krankheiten (z.B. der Blauzungenkrankheit bei Wiederkäuern) hat der Klimawandel eine wichtige Bedeutung. Eingeschleppte Insekten können zu neuen Überträgern werden. Die mit hohen wirtschaftlichen Einbußen verbundenen Ausbrüche der Blauzungenkrankheit bei Wiederkäuern seit Mitte August 2006 sind auf ein Virus zurückzuführen, das entgegen früherer Erkenntnisse auch durch einheimische Gnitenarten übertragen wird. Auch die Nagetierpopulation, die Träger von Zoonoseerregern (z.B. der Tularämie - „Nagerpest“) sind, unterliegt dem Einfluss des Klimawandels.

Auswirkungen für die Forstwirtschaft

Das natürliche Vorkommen der Baumarten wird durch den Standort als Faktorenkomplex aus v. a. Klima, Boden und Wasser bestimmt. Die Wälder sind in der Vergangenheit durch den Menschen beeinflusst und in der Struktur verändert worden. Diese Waldökosystemen haben sich dabei dennoch ständig an die Umweltbedingungen angepasst.. Ausmaß, Richtung und Geschwindigkeit des aktuellen Klimawandels drohen nun allerdings die Anpassungsfähigkeit der Wälder zu überfordern.

Mit zunehmender sommerlicher Wärme und der steigenden Dauer von Trockenphasen geraten die Wälder unter Hitze- und Trockenstress. Zudem steigt die Gefahr durch Waldbrände. Gleichzeitig verstärkt sich bei erhöhtem Stress das Risiko von Verlusten durch Schädlinge, wie z.B. dem Borkenkäfer. Massenvermehrungen bestimmter Schädlinge wie Nonne oder Maikäfer könnten häufiger auftreten, bisher unbedeutende oder unbeachtete Schädlinge zunehmen. Besonders gefährdet sind auch hier die trockenen bzw. wärmeren Regionen Ost- und Südwestdeutschlands sowie generell schlecht wasserversorgte Standorte oder aus anderen Gründen wenig angepasste Bestände. Dies trifft vor allem für die weit verbreiteten Fichtenbestände zu, die in früheren Jahrzehnten wegen ihrer guten Wüchsigkeit auch auf Standorten angebaut wurden, die für sie mit hohen Risiken belastet sind. Die Fichte ist je nach Standort anfällig gegenüber Stürmen sowie Trockenstress. Insbesondere die Kombination aus Sturm und Hitze kann die Verluste durch Schädlinge stark vergrößern, denn entwurzelte und abgeknickte Bäume bieten beispielsweise Borkenkäfern ideale Brutstätten. Das Risiko solcher Schäden wird allerdings grundsätzlich, also auch für die anderen Baumarten zunehmen.

Weiterhin vom Klimawandel besonders betroffen sind die Bergwälder der Alpen. Hier wird sich der Klimawandel deutlich stärker auswirken als im Flachland. Zugleich wird hier auch das Risiko für Naturgefahren (Starkniederschläge, Muren, Hochwasser, Steinschlag) deutlich zunehmen. Die Bedeutung des Waldes für den Schutz von Siedlungen und Infrastruktur wird dadurch noch steigen.

Eine rechtzeitige Anpassung der Wälder an den Klimawandel ist erforderlich, um das künftige Risiko für zunehmende Kalamitäten und damit verbundene Störungen des Holzmarktes und der Waldfunktionen zu verringern. Der Waldumbau von Reinbeständen in standortgerechte, risikoarme Mischbestände muss vorangebracht werden. Angepasste Wildbestände sind hierfür Voraussetzung.

Die Anbauempfehlungen für alle Baumarten sind nach Standorten differenziert unter den Aspekten des Klimawandels, der langen Produktionszeiträume und der damit verbundenen Unsicherheiten und Risiken neu zu bewerten. Hierzu sind methodisches Vorgehen und ökologische Zusammenhänge zu klären. So werden die Empfehlungen zu einzelnen Baumarten derzeit noch uneinheitlich diskutiert. Dies alles stellt eine große Herausforderung für Forschung und Praxis dar. Eine besondere Aufgabe ist zudem der Wissenstransfer zu den mehr als 1,3 Mio. Waldbesitzern, die von der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen zu überzeugen sind.

Die längeren Vegetationsperioden und der CO₂-Düngeeffekt könnten bei ausreichender Wasser- und Nährstoffversorgung positive Auswirkungen auf die Holzproduktion haben, aber im Vergleich zu den Risiken dürften die positiven Effekte zu vernachlässigen sein.

Die Auswirkungen auf Flora und Fauna und damit die ökosystemaren Verhältnisse in den Waldgesellschaften sind derzeit nicht ausreichend abschätzbar. Dies gilt für die Verhältnisse zwischen Individuen, zwischen Baumarten, zwischen Baum- und Bodenvegetation und zwischen erwünschter Vegetation und Schädlingen. Auch hier besteht noch Forschungsbedarf. Die große Unsicherheit bei Szenarien und Prognosen bedingt gerade in der langfristigen forstlichen Produktion, dass auf eine breite Risikostreuung und eine große mögliche Variabilität der Handlungsoptionen zu achten ist.

Auswirkungen für die Fischerei

Der Klimawandel verändert die Ökosysteme der Nord- und Ostsee mittel- und langfristig. Zu erwarten sind einerseits direkte physikalisch-chemische Auswirkungen (Ozeanerwärmung, Änderungen im Strömungssystem, Ozeanversauerung, Einstromereignisse in die Ostsee und Sauerstoffregime des Tiefenwassers) auf Reproduktion, Wachstum und Sterblichkeit kommerziell genutzter Fischbestände und auf das Ökosystem insgesamt. Andererseits ermöglicht insbesondere das Fehlen der kalten Eiswinter eine verstärkte Ausbreitung von Arten südlicherer Meeresgebiete nach Norden (z.B. Sardine, Sardelle und Streifenbarbe in der Nordsee). Im Plankton und im Benthos der Nord- und Ostsee treten zunehmend invasive Arten auf, die durch den Schiffsverkehr eingeschleppt werden und auf Grund der höheren Wassertemperaturen überleben können (Beispiel: Rippenqualle in der Ostsee). Damit gehen

ganz unterschiedliche Veränderungen hinsichtlich der Habitate und Nahrungsgrundlagen der Fischbestände einher, die derzeit noch nicht ausreichend bewertet werden können. Die Auswirkungen können von Art zu Art verschieden sein und sich entweder positiv oder negativ auf die Ertragsfähigkeit der Bestände auswirken. Mit den potentiellen Änderungen in den Verbreitungsgebieten kommerzieller Fischarten geht unter Umständen eine Änderung der Erreichbarkeit für die Fischerei mit entsprechenden marktwirtschaftlichen Auswirkungen, sowie Folgen für die Energie- und CO₂-Bilanz der Fischereien einher.

Besonders betroffen sind diadrome Arten, die kaltes Wasser zum Abläichen benötigen (z.B. Salmoniden). Aber auch klimabedingte Änderungen von Meeresströmungen können sich auf Laichwanderungen und Larvendrift auswirken (z.B. Aal).

Auswirkungen für die Lebensmittelverarbeitung

Der Klimawandel beeinflusst das Verarbeitungsgeschehen in Deutschland praktisch nicht (lediglich zu einem gewissen Maß hinsichtlich des Energieverbrauchs). Veränderungen treten insbesondere bei den zu verarbeitenden Ausgangsprodukten und deren Herkünften auf, bedingt durch Veränderungen beim Warenangebot und bei der Nachfrage der Konsumenten.

4.2 Möglichkeiten der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft zur Anpassung

Landwirtschaft

Anpassung im Pflanzenbau

- Anpassung der Aussattermine, Saatkichte, Reihenabstand und Fruchtfolge
- Anbau standortangepasster Sorten
- Anbau anderer Kulturen
- Anpassung der Pflanzenschutzmaßnahmen
- Anpassung der Bodenbearbeitung
- Optimierung von Wasserversorgung und Be- bzw. Entwässerungssystemen
- Anpassungen bei der Verwendung von Betriebsmitteln (z.B. Düngemittel, Pflanzenschutzmittel)
- Diversifizierung der Produktion
- Spezielle Maßnahmen auf Trockenstandorten

- Konservierende Bodenbearbeitung bzw. tiefe Bodenlockerung zur Förderung der Infiltration
- Vermeidung unnötiger Bodenbearbeitung
- Förderung des Wurzelwachstums
- Anpassung von Standraum und Saattiefe
- Anpassung der N-Düngung an die Wasserverfügbarkeit
- Ausreichende Versorgung mit allen Nährstoffen sowie organischer Substanz
- Zurückhaltender Einsatz von Wachstumsreglern
- Kontrolle von Halmbasiskrankheiten
- Vermeidung von Hitzeschäden (escape- Strategie)
- Einsatz Wasser sparender Bewässerungstechnik
- Anpassung der Bewässerungsinfrastruktur

Anpassungsmaßnahmen der Pflanzenzüchtung

- Verbesserung der Hitze- und Trockenstresstoleranz traditioneller Kulturpflanzen, insbesondere während sensibler Entwicklungsphasen, sowie die Bereitstellung von Saatgut von (neuen) Wärme liebenden Kulturpflanzen.
- Erhöhung des Wachstums- und Ertragspotentials der Kulturpflanzen zur optimalen Ausnutzung des CO₂-Effekts auf die Photosyntheserate.
- Gewährleistung hoher stofflicher Qualität unter veränderten Wachstumsbedingungen.
- Verbesserung der Resistenzen gegenüber der erwarteten Zunahme bestimmter Schadorganismen und der Veränderung des Artenspektrums der Schadorganismen infolge des Klimawandels.

Anpassung der Nutztierhaltung

- Optimierung der (Stall)Umgebung durch zusätzliche Kühlsysteme (u.a. Dachbegrünung; Reduktion der Stallbelegung; Agroforstsysteme in der Weidehaltung zur Beschattung.)
- Einfuhr oder Züchtung hitzetoleranter Rassen.
- Verbesserung des Nährstoffmanagements, vor allem bei Hitzestress.
- Schutz vor Tierkrankheiten.

Forstwirtschaft

- Dokumentation und Erforschung der Veränderungen durch Untersuchung waldwachstumskundlicher Versuchsflächen, durch forstliches Umweltmonitoring (FUTMON) und Inventuren (Boden- und Waldzustandserhebung, BWI), Schädlingsvorsorge, Monitoring der Borkenkäfer und Laubholzschädlinge.

- Anlage von standortgerechten stabilen Mischbeständen geeigneter Baumarten zur Risikostreuung.
- Umbau gefährdeter, nicht standortgerechter Bestände in standortgerechte, risikoarme Mischbestände.
- Prüfung und Anpassung von Pflege- und Nutzungskonzepten, z. B. stabilisierende Durchforstung (Stabilisierung von Einzelbäumen und Beständen).
- Erforschung bzw. Darstellung der Auswirkungen verstärkter Nutzungseingriffe und Veränderung von Umtriebszeiten zur Steigerung der Holzproduktion zwecks erhöhter CO₂-Bindung.
- Standorts- und Waldortbezogene Risikoanalysen und deren Berücksichtigung in der Bestockungsplanung (Absenkung des Zielvorrats, Zieldurchmessers und Höhe).
- Wahl geeigneter genetischer Herkünfte, die an die derzeitigen und zu erwartenden Standort- und Klimaverhältnisse angepasst sind und eine möglichst hohe genetische Variabilität aufweisen, bei geeigneten Ausgangsbeständen Bevorzugung von Naturverjüngung (wegen ihrer oft höheren Pflanzenzahl und genetischen Vielfalt).
- Überarbeitung der standortbezogenen Baumartenempfehlungen unter Berücksichtigung des Klimawandels.
- Entwicklung einer dynamischen Standortkartierung mit der Möglichkeit, klimatische Veränderungen in Form von Szenarien zu visualisieren.
- Verstärkte Berücksichtigung von Klimaaspekten bei Züchtungsforschung, Herkunftsforschung, Forstschutz, Standortkunde und Baumartenwahl, Erforschung von Konkurrenzverhalten innerhalb und zwischen Arten und der Baum- und Waldverjüngung, ökosystemarer Klimafolgenforschung und Beschreibung der erwarteten ökonomischen Auswirkungen. In Zielbestockungskarten und Risikokarten können Ergebnisse niedergelegt und Betrieben bereitgestellt werden.
- Intensivierung von Schutzwaldpflege und –sanierung.
- Verbesserung des Wasserrückhalts (ggf. Schließen von Entwässerungsgräben).

Fischerei

- Wiederherstellung der vollen Reproduktionskapazitäten überfischter Bestände durch Einhaltung von Fangquoten, ggf. Überarbeitung von Managemententscheidungen und Bewirtschaftungspläne.
- Verbesserung der Rahmenbedingungen für die ressourcenschonende Aquakultur,

Über alle Bereiche der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft

- Entwicklung neuer Formen von Versicherungen,

4.3 Maßnahmen des Bundes zur Unterstützung der Wirtschaft bei ihrem Anpassungsprozess

- Durch ein wirksames Sortenschutzrecht sind Pflanzenzüchter in die Lage zu versetzen, angepasste Pflanzensorten und ggf. Kulturarten zu entwickeln.
- Förderung des Wasserrückhalts in dürregefährdeten Agrar- und Waldlandschaften über die GAK.
- Förderung der Infrastruktur zur Bewässerung über die GAK.
- Förderung von Verfahren zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, der Bodenstruktur sowie der natürlichen Regelmechanismen im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen.
- Wissenstransfer insbesondere im Hinblick auf angepasste Formen der Landbewirtschaftung, Tierhaltung, Tierernährung und Tiergesundheit.
- Förderung von Tierzucht- und Managementmaßnahmen in der Tierhaltung.
 - Einbeziehung des Merkmals „Hohe Leistungsstabilität der Nutztiere auch bei suboptimalen Temperaturbedingungen (Hitze)“ in die Leistungsprüfungen und Zuchtwertschätzung – und damit in die weitere züchterische Bearbeitung (mittelfristig; Zuchtorganisationen unter weiterer Förderung über GAK)
 - Erhaltung und nachhaltige Nutzung tiergenetischer Ressourcen der Landwirtschaft als Haltungs- und Zuchtreserve zur Vorsorge für künftig erforderlich werdende Anpassungsmaßnahmen der Tierzucht an sich ändernde Rahmenbedingungen (mittelfristig; Länder und Zuchtorganisationen; Erweiterung des GAK-Fördergrundsatzes „Tiergenetische Ressourcen“).
- Ausbau der wissenschaftlichen Entscheidungsgrundlagen für einen klimaangepassten Waldumbau (Standortkartierung, Forstpflanzenzüchtung, Provenienzforschung, regionale Anbauempfehlungen etc.).
- Förderung der Forstwirtschaft im Rahmen der GAK, z.B.:
 - Umbau von Reinbeständen und von nicht standortgerechten Beständen in stabile Laub- und Mischbestände und Verwendung geeigneten Vermehrungsgutes.
 - Jungbestandspflege zur Anpassung an Standort und Bestockungsziel.
 - Vorbeugung und Bewältigung von Kalamitäten.

- Darüber hinaus ist zu prüfen, ob weitere Maßnahmen aufgenommen werden können, z.B. Förderung des Wasserrückhalts in Gebieten mit stark negativer Wasserbilanz.
- Dialog und Wissenstransfer mit Experten der Länder und der Forstwirtschaft.
- Monitoring der Klimaveränderungen zur Förderung des Verständnisses für die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen.
- Weiterentwicklung der internationalen Überwachung des Fischfangs und Vergabe von Quoten für die Fischerei
 - Alternatives / Adaptives Management
 - Technische Maßnahmen
 - Pufferkapazität der genutzten Ressourcen und der nutzenden Fischereien erhöhen
 - Einrichtung von Schutzzonen, die die Widerstandsfähigkeit der Bestände gegen Umwelteinflüsse erhöhen
 - Rücklagenbildung für klimabedingte Ausfälle/Umstrukturierungen fördern
 - Verzahnung Fischerei -Tourismus stärken als alternative Einnahmequelle
 - Alternative Steuerungselemente für Fischerei
- Aquakulturen, v. a. mit Arten, die mit pflanzlichen Futtermitteln versorgt werden können

Die Ressortforschung des BMELV wurde 2008 unter stärkerer Berücksichtigung des Themas Klimaschutz neu strukturiert und in den BMELV-Forschungsplan 2008 wurde der Themenkomplex „Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel“ nun als eines der 7 Hauptziele der Ressortforschung aufgenommen. Die einzelnen Forschungsinstitute bearbeiten zum Thema Anpassung folgende Hauptaufgaben:

1. Analyse der Auswirkungen von Klimaänderungen auf Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau, Fischerei, Ernährungswirtschaft sowie Kulturlandschaften, ländliche Räume und aquatische Ökosysteme einschließlich Inventarisierung unerwünschter Immissionen (Depositionen) in die Land-, Forst- und Fischwirtschaft.
2. Untersuchungen zur Charakterisierung, Prävention und Bekämpfung von auf Grund des Klimawandels neu oder verstärkt auftretenden Schadorganismen der Pflanzen und abiotischen Schadursachen, natürlichen Kontaminanten, Tierseuchen und Zoonosen sowie ggf. ihrer Überträger.
3. Analyse und Entwicklung von Verfahren, Anbausystemen, Produkten und Dienstleistungen zur Anpassung der Agrarwirtschaft an veränderte Klimabedingungen einschließlich ihrer ökonomischen und ökobilanziellen Bewertung.
4. Inventarisierung unerwünschter klimarelevanter und luftverschmutzender Emissionen aus der Land- und Ernährungswirtschaft einschließlich Untersuchungen zur flächendeckenden Erfassung gasförmiger Emissionen aus Böden und Bewuchs sowie deren Bewertung.

5. Entwicklung bzw. Weiterentwicklung des Schutzes und des Ausbaus biogener Kohlenstoffspeicher.

Anpassung an den Klimawandel war auch bisher als Forschung für eine standortgerechte Agrarproduktion eine zentrale Aufgabe der Ressortforschung. Zur Unterstützung der Koordination dieser Aufgabe wurde bereits 1989 die Senatsarbeitsgruppe Klimaänderungen eingesetzt <http://www.klima-bmvel.de/>.

5 Schlussfolgerungen

Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen werden die wesentlichen Möglichkeiten der Emissionsreduktion und der Anpassung an den Klimawandel aufgegriffen. Da Emissionsverringern und Anpassung häufig mit Ertragseinbußen oder Aufwandssteigerungen verbunden sind, ist bezogen auf die Einzelmaßnahmen eine Güterabwägung erforderlich, um bestehende Zielkonflikte so gering wie möglich zu halten. Darüber hinaus sollen die Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen mit vertretbaren Kosten verbunden sein und eine bloße Verlagerung der Emissionen, insbesondere durch Produktionsverlagerung in das Ausland, vermieden werden.

Unter diesen Gesichtspunkt ergeben sich die folgenden Schwerpunkte:

- Schutz von Kohlenstoffspeichern
- Optimierung der N-Düngung zur Verbesserung der N-Effizienz
- Kaskadennutzung der Biomasse
- Energieeinsparung und Emissionsminderung in der Veredlungswirtschaft, dem Gartenbau (Gewächshäuser) der Lebensmittelverarbeitung und im Lebensmittelhandel
- Erarbeitung von Beispielen zur Verminderung der Emissionen pro Produkteinheit
- Anpassung des Wassermanagements
- Information über eine klimaschonende, gesundheitsfördernde Ernährung und nachhaltigen Konsum
- Forschung
- Know-how-Transfer von der Forschung in die Praxis
- Waldumbau zu stabilen Mischwäldern und forstbetriebliche Managementstrategien im Klimawandel
- Genetische Analysen zur Anpassungsfähigkeit der Waldbäume im Klimawandel/gezielte Herkunftsforschung