

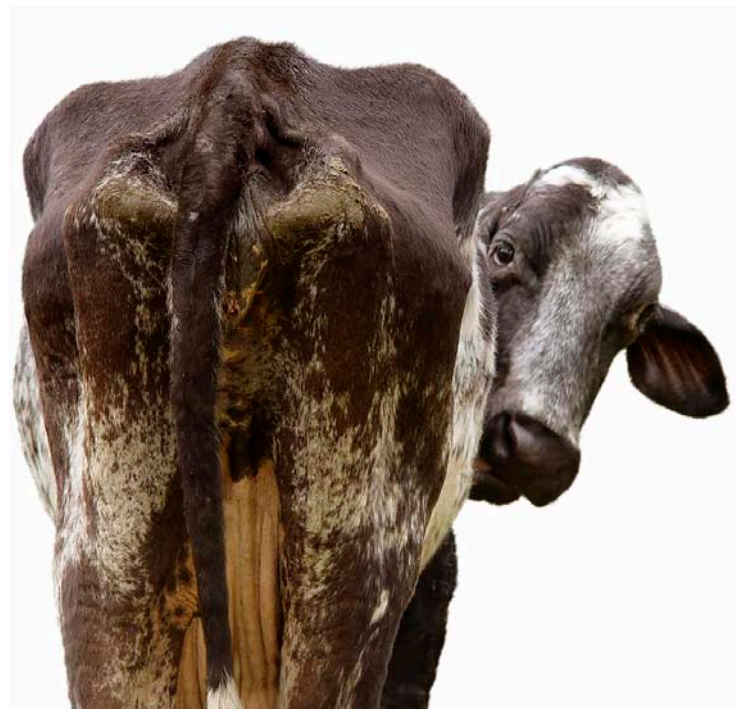


*for a living planet*

## **Methan und Lachgas - Die vergessenen Klimagase**

*Wie die Landwirtschaft ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten kann -*

*Ein klimaschutzpolitischer Handlungsrahmen*



**Herausgeber:** WWF Deutschland, Frankfurt am Main

**Stand:** November 2007

**Autoren:** Harald von Witzke, Humboldt-Universität, Berlin and Steffen Noleppa,  
agripol – network for policy advice GbR, Berlin

**Redaktion und Kontakt:** Tanja Dräger de Teran, WWF Deutschland, draeger@wwf.de

**Koordination:** Christian Engel, WWF Deutschland

**Layout:** Astrid Ernst, Text- und Webdesign, Bremen

Die Studie gibt die Meinung der Autoren aber nicht notwendigerweise des WWF wider.

© 2007 WWF Deutschland, Frankfurt am Main

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

**Titelfoto:** Durch Gärprozesse produzieren Rinder bei der Verdauung Methan. Das Gas hat eine vielfach stärker klimaschädliche Wirkung als Kohlendioxid. © iStockphoto/Dregom

## Vorwort

Mit dieser Studie wird die gegenwärtige Agrar- und Klimapolitik in Deutschland einer ökonomischen Analyse unterzogen, wobei bestehende Herausforderungen im Zusammenhang mit der Reduzierung des Methan- und Lachgasausstoßes durch die deutsche Landwirtschaft im Zentrum der Betrachtungen stehen. Die Initiative für das Projekt ging vom WWF Deutschland aus, der als Auftraggeber die agripol – network for policy advice GbR mit der Bewertung und Erstellung eines entsprechenden Gutachtens betraut hat. Die Federführung der Studie oblag dabei Prof. Dr. Dr. h. c. Harald von Witzke, Leiter des Fachgebiets Internationaler Agrarhandel und Entwicklung an der Humboldt-Universität zu Berlin, in enger Kooperation mit Dr. Steffen Noleppa von der agripol – network for policy advice GbR.

Die Verfasser bedanken sich für das entgegengebrachte Vertrauen und die konstruktive Zusammenarbeit mit dem WWF Deutschland. Ein besonderer Dank gilt Frau Martina Fleckenstein, Leiterin der Vertretung Berlin des WWF Deutschland, und Frau Tanja Draeger de Teran, Verantwortliche für den Themenbereich Agrarpolitik (Landwirtschaft) des WWF Deutschland, sowie Frau Regine Günther, Leiterin Klimaschutz und Energiepolitik des WWF, für inhaltsreiche und kritische Diskussionen.

Dank sei folgenden Kollegen ausgesprochen, die die Erstellung des Gutachtens mit wertvollen Kritiken, Kommentaren und Vorschlägen begleitet haben: Christine Chemnitz, Dr. Harald Grethe, Prof. Dr. Claudia Kemfert und Dr. Hermann Lotze-Campen. Schließlich gilt der Dank der Verfasser Frau Kerstin Oertel für die gewohnt einwandfreie technische Unterstützung während der Erstellung des Gutachtens.

Berlin, den 20.09.2007

Harald von Witzke und Steffen Noleppa

# Inhalt

Vorwort .....	3
Inhalt .....	4
Abbildungsverzeichnis .....	6
1 Einführung .....	8
1.1 Problemstellung und Zielsetzung .....	8
1.2 Konzeption und Gliederung des Berichts .....	10
2 Klimaschädliche Emissionen der deutschen Landwirtschaft .....	11
2.1 Beitrag der deutschen Landwirtschaft zum Klimawandel .....	11
2.2 Methan- und Lachgasemissionen aus der Tierhaltung .....	13
2.2.1 Haltungsverfahren und Emissionen sowie Minderungsoptionen für die Kategorie Rinder .....	14
2.2.2 Haltungsverfahren und Emissionen sowie Minderungsoptionen für die Kategorie Schweine .....	20
2.2.3 Haltungsverfahren und Emissionen sowie Minderungsoptionen für andere Tierkategorien .....	22
2.3 Methan- und Lachgasemissionen aus dem Pflanzenbau .....	23
2.3.1 Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen .....	23
2.3.2 Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Flächen .....	26
2.4 Fazit zu den klimaschädlichen Emissionen der deutschen Landwirtschaft .....	27
3 Politikinventarisierung für die Schnittstelle zwischen Klimaschutz und Agrarwirtschaft .....	28
3.1 Berücksichtigung der Landwirtschaft in der internationalen und nationalen Klimapolitik ..	28
3.2 Auswirkungen agrarpolitischer Maßnahmen auf die Reduzierung der Emissionen der Klimagase Methan und Lachgas in Deutschland .....	29
3.3 Schlussfolgerungen unter besonderer Berücksichtigung von Kohärenz in den politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen .....	31
4 Strategien zur Reduzierung der Methan- und Lachgasemission aus der Landwirtschaft .....	33
4.1 Das Grundprinzip der Klimaschutzpolitik: Festlegung gesamtwirtschaftlich effizienter Mitigationsziele .....	33
4.2 Wirtschaftspolitische Maßnahmen zum Klimaschutz .....	35
4.2.1 Theoretische Grundlagen .....	35
4.2.2 Emissionssteuer und -subvention .....	38
4.2.3 Handelbare Emissionsrechte .....	39
4.2.4 Mengenmäßige Begrenzungen durch administrative Maßnahmen .....	40
4.2.5 Institutionelle Ansätze .....	40
4.3 Fazit .....	41

5 Handlungsempfehlungen für eine landwirtschaftliche Klimaschutzpolitik .....	43
5.1 Zielgrößen für die Reduktion von Methan- und Lachgasemissionen in der deutschen Landwirtschaft .....	43
5.2 Global unvollständige Klimaschutzpolitik, internationale Wettbewerbsfähigkeit und internationale Vereinbarungen zum Klimaschutz .....	46
5.3 Klimapolitische Maßnahmen .....	47
5.3.1 Agrarmarktpolitische Maßnahmen .....	47
5.3.2 Klimaschutzpolitische Instrumente mit Fokus auf Lachgas .....	49
5.3.3 Klimaschutzpolitische Instrumente mit Fokus auf Methan .....	53
5.4 Überlegungen zum Niveau des Einsatzes der Mitigationsinstrumente .....	53
5.5 Informationen für die Verbraucher .....	55
6 Schlussfolgerungen .....	56
6.1 25 Thesen zu einer landwirtschaftlichen Klimaschutzpolitik .....	56
6.2 Weiterer Analysebedarf .....	57
Glossar .....	59
Literaturverzeichnis .....	61
Abkürzungen .....	67

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Geschätzte globale Kohlendioxid-, Methan- und Lachgasemissionen .....	8
Abbildung 1.2:	Globale Emissionen von Treibhausgasen im CO <sub>2</sub> -Äquivalent nach Wirtschaftsbereichen .....	8
Abbildung 1.3:	Globale Emissionen von Treibhausgasen im CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch die Landwirtschaft (ohne Entwaldung) .....	8
Abbildung 1.4:	Unterschiedliche Dimensionen von Klimawirkungen der wichtigsten Treibhausgase .....	9
Abbildung 2.1:	Emissionen an Treibhausgasen in Deutschland .....	11
Abbildung 2.2:	Emissionen an Methan und Lachgas in Deutschland nach Sektoren .....	12
Abbildung 2.3:	Methan- und Lachgasemissionen der deutschen Landwirtschaft .....	12
Abbildung 2.4:	Emissionen an Methan und Lachgas aus der Tierhaltung in Deutschland nach IPCC-Hauptkategorien für Tiere .....	13
Abbildung 2.5:	Emissionen an Methan aus der enterischen Fermentation bei Rindern in Deutschland .....	14
Abbildung 2.6:	Kumulierte Emissionen von Methan und Lachgas aus dem Wirtschaftsdüngermanagement bei Rindern in Deutschland 2004 .....	15
Abbildung 2.7:	Qualitative Bewertung der Methan- und Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Milchviehhaltung .....	16
Abbildung 2.8:	Qualitative Bewertung der Methan- und Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Jungrinderhaltung .....	17
Abbildung 2.9:	Qualitative Bewertung der Methan- und Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Rindermast .....	17
Abbildung 2.10:	Qualitative Bewertung der Methan- und Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Mutterkuhhaltung .....	17
Abbildung 2.11:	Emissionen an Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement nach Tierkategorien bei Schweinen in Deutschland .....	21
Abbildung 2.12:	Qualitative Bewertung der Methanemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Schweinemast .....	21
Abbildung 2.13:	Qualitative Bewertung der Methanemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Ferkelerzeugung .....	21
Abbildung 2.14:	Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Legehennenhaltung und Junghennenaufzucht .....	22
Abbildung 2.15:	Emissionen von Lachgas aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland .....	23
Abbildung 2.16:	Emissionen von Lachgas aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen nach Gruppen in Deutschland .....	24
Abbildung 2.17:	Eintrag von Wirtschafts- und Mineraldünger sowie Lachgasemissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland .....	24
Abbildung 2.18:	Emissionen von Lachgas aus ungedüngten landwirtschaftlichen Flächen nach Gruppen in Deutschland .....	26

Abbildung 4.1:	Internalisierung einer negativen Externalität .....	34
Abbildung 4.2:	Gesamtwirtschaftlich effiziente Verringerung von Klimagasemissionen .....	36
Abbildung 4.3:	Gesamtwirtschaftlich effiziente Höhe einer Emissionssteuer .....	38
Abbildung 5.1:	Reduzierung der Methan- und Lachgasemission der deutschen Landwirtschaft .....	44
Abbildung 5.2:	Methan- und Lachgasemission, 1990 und 2004, und 30%-Mitigationsziel 2020 der deutschen Landwirtschaft .....	44
Abbildung 5.3:	Mögliche Kombinationen der Reduktion von Methan und Lachgas zur Erreichung eines in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten festgesetzten Mitigationsziels .....	45
Abbildung 5.4:	Einschränkung der nachgefragten Stickstoffmenge bei einer N-Steuer und unterschiedlich hohen Preiselastizitäten der Nachfrage .....	52
Abbildung 5.5:	Rückgang der Methan- und Lachgasemissionen der deutschen Land- wirtschaft bei einer Reform der Milchmarktordnung .....	54

# 1 Einführung

## 1.1 Problemstellung und Zielsetzung

### Globale Emissionen an Treibhausgasen

Es wird heute kaum noch ernsthaft bezweifelt, dass sich das globale Klima verändert und dass die Ursachen hierfür vor allem anthropogener Natur sind. Im Jahr 2004 verursachte dabei Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) – gemessen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent – etwa drei Viertel der globalen so genannten Treibhausgasemissionen, Methan (CH<sub>4</sub>) ca. ein Sechstel und Lachgas (N<sub>2</sub>O) etwa ein Zehntel. Alle Aktivitäten des Menschen zusammengenommen führen damit zu den in der Abbildung 1.1 ausgewiesenen geschätzten<sup>1</sup> jährlichen absoluten Ausstößen der mit großem Abstand wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O).

Klimagas	Mio. t	Mrd. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	33.000	33
Methan (CH <sub>4</sub> )	333	7
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	13	4
<b>Insgesamt</b>	-	<b>44</b>

**Abbildung 1.1:** Geschätzte globale Kohlendioxid-, Methan- und Lachgasemissionen, 2004.  
Quelle: Eigene Darstellung nach NEAA (2007).

### Globale Emissionen nach Wirtschaftsbereichen

Gerade die Energiewirtschaft und der Transportsektor sind vor diesem Hintergrund in das breite Interesse der Öffentlichkeit gerückt und dominieren die öffentliche und politische Diskussion zum Klimaschutz. Den Emissionen der Treibhausgase durch die Landwirtschaft kommt indes ebenfalls eine zentrale Rolle zu. So verursachen die landwirtschaftlich bedingten Aktivitäten weltweit etwa – je nach Abgrenzung dieses Wirtschaftsbereichs – zwischen 14% (STERN, 2007) und etwa 20% (LEAD, 2007) des gesamten anthropogenen Klimaeffekts. Manche Autoren sprechen sogar von einem Anteil der Landwirtschaft am anthropogen verursachten Klimaeffekt in Höhe von 35% (MONTENY et al., 2006). Diese unterschiedlichen Angaben beruhen dabei zum großen Teil auf Unterschieden in der Anrechnung der Emissionsquelle „Landnutzungsänderung“ (inklusive Entwaldung) auf die Landwirtschaft.

Wie Abbildung 1.2 zeigt, ist der Anteil der Landwirtschaft im engeren Sinn, also ohne Entwaldung und Landnutzungsänderung, eine bedeutende Quelle von Treibhausgasemissionen, die ebenso zum anthropogenen Klimaeffekt beiträgt wie der Transportsektor oder die Industrie.

<sup>1</sup> Exaktere Angaben sind aufgrund der noch unzureichenden Berichterstattung einiger Staaten nicht möglich.

Quelle	Anteil
Elektrizitätserzeugung	25
Landnutzungsänderung inklusive Entwaldung	18
Landwirtschaft ohne Landnutzungsänderung	14
Transport	14
Industrie	14
Gebäudewesen (Heizung, Klimaanlagen etc.)	8
Sonstige Quellen	7
<b>Insgesamt</b>	<b>100</b>

**Abbildung 1.2:** Globale Emissionen von Treibhausgasen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent nach Wirtschaftsbereichen, 2000 (in %)  
Quelle: STERN (2007).

### Globale Emissionen der Agrarwirtschaft

Zu beachten ist dabei im Speziellen, dass die Agrarwirtschaft etwa 50% des globalen anthropogenen Methanausstoßes und ca. 70% der Lachgasemissionen erzeugt (LEAD, 2007). Weltweit die wichtigsten Quellen dieser durch die Landwirtschaft bedingten Freisetzung von Klimagasen sind die Nassreisproduktion, Wiederkäuer (durch Verdauungsgase und anfallenden Wirtschaftsdünger<sup>2</sup>), andere Nutztiere (in Form von Wirtschaftsdünger) sowie synthetischer Stickstoffdünger, wie Abbildung 1.3 ausweist.

Quelle	Anteil
Böden (N <sub>2</sub> O)	40
Enterische Fermentation (v.a. Pansen-gärung) der Wiederkäuer (z.B. Rinder, Schafe, Ziegen) (CH <sub>4</sub> )	27
Reis (CH <sub>4</sub> )	10
Energieverbrauch (CO <sub>2</sub> )	9
Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger (CH <sub>4</sub> )	7
Sonstige (CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O)	6

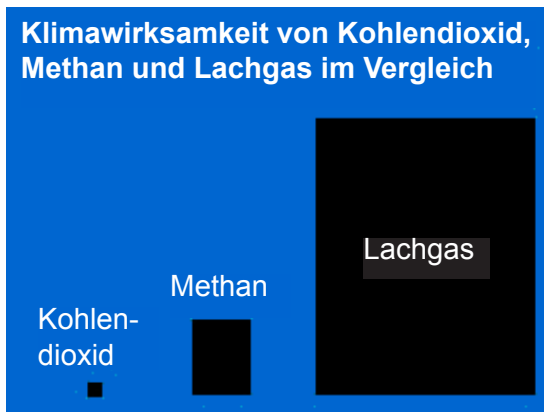
**Abbildung 1.3:** Globale Emissionen von Treibhausgasen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch die Landwirtschaft (ohne Entwaldung), 2000 (in %)  
Quelle: BAUMERT et al. (2005).

<sup>2</sup> Als Wirtschaftsdünger werden organische Substanzen bezeichnet, die in der Land- und Forstwirtschaft anfallen und zur Düngung eingesetzt werden. Sie können von Tieren und Pflanzen stammen. Tierische Wirtschaftsdünger sind zum Beispiel Gülle, Jauche und Mist. Zu den pflanzlichen Substanzen zählen vor allem Stroh, das nach der Getreideernte in den Boden eingearbeitet wird, Gründüngung durch Zwischenfrüchte, Rindenmulch und sonstige Pflanzenrückstände.



### Unterschiedliche Klimawirkungen der Treibhausgase

Es wurde damit deutlich, dass die Agrarwirtschaft maßgeblich für die globalen Methan- und Lachgasemissionen verantwortlich ist. Beide Treibhausgase zeichnen sich zudem durch besonders ausgeprägte Klimawirkungen aus. So entspricht die Klimawirkung einer Tonne Methan ( $\text{CH}_4$ ) der von 21 Tonnen Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), während die Klimawirkung einer Tonne Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) der von 310 Tonnen Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) entspricht (z.B. UBA, 2006)<sup>3</sup>. Diese unterschiedlichen Klimawirkungen der Treibhausgase veranschaulicht noch einmal Abbildung 1.4.



**Abbildung 1.4:** Unterschiedliche Dimensionen von Klimawirkungen der wichtigsten Treibhausgase ( $\text{CO}_2$  = einfache Wirkung)  
Quelle: Eigene Darstellung nach UBA (2006)

Vor diesem Hintergrund ist die Rolle der Landwirtschaft zu akzentuieren. Die Landwirtschaft ist von beiden Perspektiven zu betrachten. Einerseits als Emittent z.B. durch den Verbrauch fossiler Energie in Form von Treibstoffen für Landmaschinen oder in der Herstellung von Stickstoffdüngern. Andererseits kann die Landwirtschaft den Ausstoß klimaschädlicher Gase vermindern. In der vorherrschenden Diskussion stehen hierbei zwei Aspekte im Vordergrund. Dies ist zum einen die Bereitstellung klimafreundlicher Bioenergie, z.B. Biodiesel statt Diesel oder Biogas statt Erdgas (z.B. PAUSTIAN et al., 2006; RICHARDS et al., 2006) sowie die Kohlendioxidspeicherung im Boden, z.B. durch einen

<sup>3</sup> Den Umrechnungsfaktoren liegt das so genannte Global Warming Potential (GWP) einzelner Treibhausgase zugrunde. Das GWP stellt ein relatives Maß für die Klimawirksamkeit eines Treibhausgases dar und drückt die Erwärmungswirkung des Treibhausgases über einen gewissen Zeitrahmen aus. Die hier verwendeten Werte beruhen auf einem Zeitintervall von 100 Jahren (sie entsprechen dem so genannten GWP100). Definition und zusätzliche Informationen hierzu finden sich u.a. in IPCC (2001) und WEGENER (2006). Letzgenannter Autor zeigt auch auf, dass die entsprechenden Werte seit dem Start der nationalen Berichtspflichten im Zuge des Kyoto-Protokolls von 1997 entsprechend neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse kontinuierlich angepasst worden sind.

erhöhten Humusgehalt (z.B. FREIBAUER et al., 2004). Es gibt jedoch weit mehr Potentiale, den Ausstoß von klimaschädlichen Gasen durch die Landwirtschaft zu reduzieren, die in den aktuellen Diskussionen zu kurz kommen.

### Internationale Verpflichtungen und politische Instrumente

Deutschland hat sich, wie fast alle Industrieländer, entsprechend des Kyoto-Protokolls und anderer internationaler Abkommen (UNFCCC, 2007; UBA, 2003) verpflichtet, die Emission von Treibhausgasen deutlich zu verringern, und weitere internationale Abkommen zum Klimaschutz sollen in den kommenden Jahren abgeschlossen werden (MICHAELOWA, 2006; MICHAELOWA et al., 2005; WICKE, 2005). So hat der G-8 Gipfel von Heiligendamm im Juni 2007 zur Formulierung des Ziels einer Reduzierung von Treibhausgasen von 50% bis 2050 geführt (BUNDESREGIERUNG, 2007). Eine Zusammenfassung der Reduktionsziele zeigt Abbildung 1.5.

Kyoto-Protokoll Reduktionsziel für Deutschland	Minus 21 % Referenzjahr: 1990 Reduktion zu erreichen bis 2012
Beschluss des Europäische Rates im März 2007 (Klima- und Energiegipfel) EU-Ebene	Minus 8% (Reduktion zu erreichen bis 2012) Minus 20% (Reduktion zu erreichen bis 2020) bzw. Minus 30 %, vorausgesetzt, die anderen Industriestaaten verpflichten sich zu ähnlichen Emissionsreduzierungen. Referenzjahr: 1990
G-8-Gipfel, Heiligendamm im Juni 2007 Globale Ebene	Minus 50% Reduktion zu erreichen bis 2050 Ohne Referenzjahr

**Abbildung 1.5:** Reduktionsziele: Kyoto Protokoll, EU und G8

Zur Verfolgung der klimapolitischen Ziele sind im internationalen wie deutschen Maßstab bereits zahlreiche umweltpolitische Maßnahmen ergriffen worden, die zu einer Verringerung der Treibhausgasemissionen in der Wirtschaft und in den privaten Haushalten führen sollen. Überraschenderweise existieren aber bisher kaum politische Instrumente, die versuchen, gezielt die landwirtschaftsspezifischen Emissionen von Treibhausgasen nennenswert zu reduzieren.

## ***Rationale Klimaschutzpolitik schließt Landwirtschaft ein***

Eine glaubhafte und erfolgreiche Klimaschutzpolitik muss aber umfassend sein und kann nicht einen einzelnen Sektor, wie etwa die Landwirtschaft, weitgehend ausklammern. Eine rationale Klimaschutzpolitik muss dort ansetzen, wo mit gegebenen Mitteln der größte Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden kann (z.B. STERN, 2007). Da die Landwirtschaft bisher noch wenig von Klimaschutzmaßnahmen betroffen ist, steht zu erwarten, dass dort auch noch relativ kostengünstig eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen erreicht werden kann. Dies wird auch durch den jüngst vorgelegten 4. Bericht des IPCC (IPCC, 2007) sowie durch zwei unlängst erschienene Berichte des PEW Center on Global Climate Change zu Klimagasemissionen in der US Landwirtschaft bestätigt (PAUSTIAN et al., 2006; RICHARDS et al., 2006).

### ***Ziel und Abgrenzung der Studie***

Das zentrale Ziel dieser Studie ist es, einen klimapolitischen Handlungsrahmen zu entwickeln, der einerseits den Spezifika der landwirtschaftlichen Produktion Rechnung trägt und der andererseits in der Lage ist, auf gesamtwirtschaftlich effiziente Weise die Emissionen der Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) signifikant zu verringern. Wegen der überragenden quantitativen Bedeutung der Landwirtschaft für die gesamten Emissionen dieser beiden Treibhausgase soll sich die Analyse auf diese konzentrieren.

In diesem Bericht werden die Leitlinien für eine Einbeziehung der Landwirtschaft in die Klimaschutzpolitik entwickelt, nicht aber detaillierte Ausgestaltungsvorschläge unterbreitet. Im Zentrum der Betrachtung steht die Landwirtschaft in Deutschland.

## **1.2 Konzeption und Gliederung des Berichts**

### ***Weiterführende Zielfragen***

Für eine rationale Klimaschutzpolitik ist für jede Emissionsquelle dasjenige Instrument bzw. diejenige Kombination von Instrumenten zu wählen, das bzw. die einen gegebenen Beitrag zur Erreichung der Politikziele zu minimalem volkswirtschaftlichen Ressourcenverbrauch ermöglichen (z. B. STERN, 2007). Zu diesen Ressourcen zählen vor dem Hintergrund dieser Studie

vor allem die im landwirtschaftlichen Produktionsprozess eingesetzten Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital, Letzteres etwa in Form des Tier- bzw. Düngemiteleinsatzes, sowie etwaige, mit der Umsetzung politischer Maßnahmen verbundene Budgets.

In diesem Bericht werden vor diesem Hintergrund für Deutschland die wichtigsten klimarelevanten Aktivitäten der Landwirtschaft in Bezug auf die Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) identifiziert. Darüber hinaus wird für die gegenwärtige Klima- und Agrarpolitik der Frage nachgegangen, inwieweit bereits durch diese Politikfelder gegenwärtig auf die Reduzierung beider Treibhausgase abgezielt wird. Für Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) werden dann ökonomisch effiziente und politisch durchsetzbare Strategien zu deren Reduzierung vorgestellt. Diese Strategien werden aus der ökonomischen Theorie der Externalitäten abgeleitet. Auf der Basis dieser Analyse und von geeigneten Zielgrößen hinsichtlich einer Reduktion der Methan- und Lachgasemissionen wird ein Handlungsrahmen für eine Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor in Deutschland konzipiert.

### ***Struktur des Berichts***

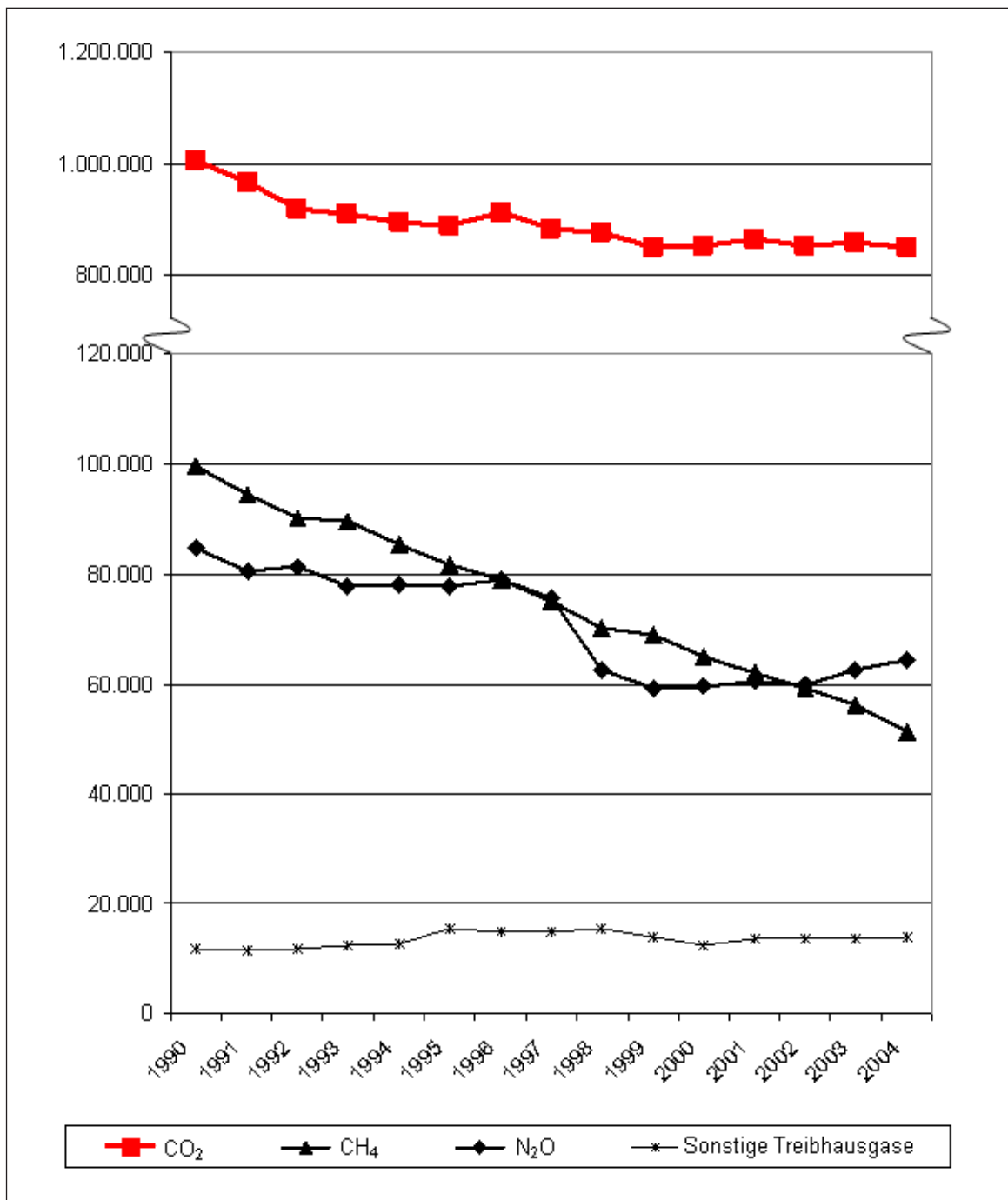
Entsprechend ist dieser Bericht strukturiert. Zunächst werden die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Deutschland dargestellt und das Mitigationspotential, d.h. die bestehenden Reduktionsoptionen in der deutschen Agrarproduktion beschrieben (Kapitel 2). Anschließend werden die bestehenden Maßnahmen mit Wirkungen auf die Emissionen klimaschädlicher Gase der Landwirtschaft analysiert (Kapitel 3). Weiterhin werden Strategien zur weiteren Verringerung der Emissionen von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) abgeleitet (Kapitel 4) sowie Handlungsempfehlungen für eine landwirtschaftliche Klimaschutzpolitik, inklusive der Erörterung möglicher Zielgrößen für die Reduktion von Methan- und Lachgasemissionen der Landwirtschaft, formuliert (Kapitel 5). Zum Abschluss der Studie werden Thesen für eine landwirtschaftliche Klimaschutzpolitik präsentiert sowie weitergehender Analysebedarf, insbesondere hinsichtlich internationaler Aspekte der Klimaschutzpolitik, abgeleitet (Kapitel 6).

## 2 Klimaschädliche Emissionen der deutschen Landwirtschaft

### 2.1 Beitrag der deutschen Landwirtschaft zum Klimawandel

Abbildung 2.1 zeigt zunächst die Entwicklung der gesamten deutschen Emissionen wichtiger

Treibhausgase über alle Wirtschaftsbereiche seit 1990.



**Abbildung 2.1:** Emissionen an Treibhausgasen in Deutschland, 1990-2004 (in 1.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent)  
Quelle: Eigene Darstellung nach UBA (2006).

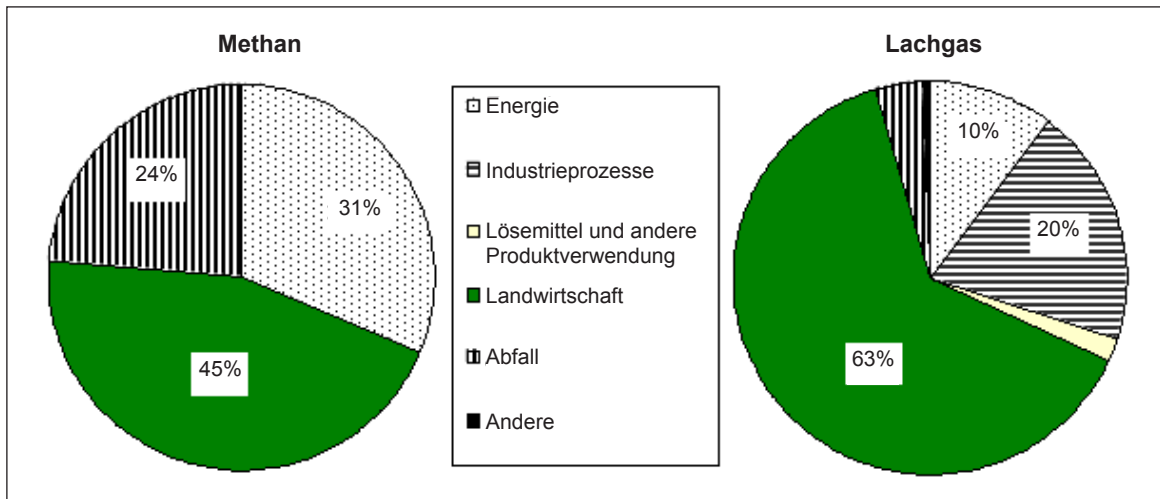
#### **Gesamter Treibhausgasausstoß Deutschlands und Bedeutung der Landwirtschaft daran**

Wie zu sehen ist, ergibt sich ein leichter Rückgang der Emissionen bei Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und eine noch etwas stärkere relative Reduktion der Emissionen bei Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) in den Jahren seit Beginn der offiziellen Berichterstattung. In CO<sub>2</sub>-Äqui-

valenten ausgedrückt konnte der Ausstoß über alle Treibhausgase hinweg um fast 19% zwischen 1990 und 2004 reduziert werden (DESTATIS, 2007). Etwa 5,3% der klimawirksamen deutschen Gesamtemissionen entfallen dabei derzeit auf Methan (CH<sub>4</sub>). Bei Lachgas (N<sub>2</sub>O) sind dies ca. 6,5%.

Die deutsche Landwirtschaft trägt gerade bei diesen beiden Treibhausgasen überproportional zum Klimawandel bei. Sie beschäftigt lediglich 2,5% aller Arbeitskräfte, steuert nur 1,3% zum Sozialprodukt bei (DBV, 2006), verursacht gegenwärtig aber je nach sektoraler Abgrenzung zwischen mehr als 6% und fast 9% des gesamten anthropogenen Klimaeffekts für Deutschland

(DÄMMGEN, 2006a; UBA, 2006). Die Bundesregierung (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2007) beziffert diesen Wert sogar mit 11%. Auch für die deutsche Landwirtschaft gilt, dass der Anteil der Landwirtschaft an den Emissionen von Methan (CH<sub>4</sub>) mit 45% und von Lachgas (N<sub>2</sub>O) mit 63% besonders hoch ist, wie Abbildung 2.2 ausweist.



**Abbildung 2.2:** Emissionen an Methan und Lachgas in Deutschland nach Sektoren, 2004 (in % der jeweiligen Gesamtemissionen)  
Quelle: Eigene Darstellung nach UBA (2006).

### Direkte Emissionen der deutschen Landwirtschaft

Die direkten Emissionen der deutschen Landwirtschaft für Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) belaufen sich auf 64,6 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent; deren Verteilung ist in Abbildung 2.3 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die wichtigsten direkten Emissionen aus der so genannten enterischen Fermentation (v.a. Pansengärung)

bei der Verdauung sowie aus dem Wirtschaftsdüngermanagement und den landwirtschaftlichen Böden stammen. Knapp zwei Drittel des landwirtschaftlichen Klimaeffekts werden demnach durch Lachgasemissionen verursacht, während etwas mehr als ein Drittel aus Methanemissionen stammt.

Klimagas und Quelle	1.000 t	Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	In Prozent
CH <sub>4</sub> aus Tierhaltung Enterische Fermentation (v.a. Pansengärung)	882,1	18,5	78
CH <sub>4</sub> aus Tierhaltung, Wirtschaftsdünger	248,0	5,2	22
<b>Zwischensumme CH<sub>4</sub></b>	<b>1.130,1</b>	<b>23,7</b>	<b>100</b>
N <sub>2</sub> O aus Tierhaltung, Wirtschaftsdünger	9,2	2,9	7
N <sub>2</sub> O aus Pflanzenbau Gedüngte Kulturen	74,3	23,0	56
N <sub>2</sub> O aus Pflanzenbau ungedüngte Kulturen	48,4	15,0	37
<b>Zwischensumme N<sub>2</sub>O</b>	<b>131,9</b>	<b>40,9</b>	<b>100</b>
<b>Insgesamt</b>	-	<b>64,6</b>	

**Abbildung 2.3:** Methan- und Lachgasemissionen der deutschen Landwirtschaft, 2004  
Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a).

**Exkurs: Landwirtschaft im Vergleich zum Luftverkehr**

Das LANDSHUTER UMWELTZENTRUM (2007) schätzt die durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Belastung bei Flugreisen im Durchschnitt von Lang-, Mittel- und Kurzstrecke auf 15 kg Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) je Flugpassagier und 100 km. Ein mit 100 Passagieren besetztes modernes Flugzeug müsste im Mindesten über 100.000 mal pro Jahr den Äquator umrunden, um einen äquivalenten Emissionsausstoß zu erzielen, wie er in der Landwirtschaft mit 64,6 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent anfällt. Anders gesagt: Ein Jahr lang müssten ca. 300 Flugzeuge nonstop auf diesem Weg verkehren, um ein Äquivalent zu schaffen.

Die Werte sind dabei konservativ kalkuliert, denn die Einbringung treibhausgaswirksamer Gase im oberen Stratosphärenbereich ist deutlich weniger wirkungsvoll als im unteren Bereich. Mithin müssten im Langstreckenflug etwa 130.000 Erdumrundungen bzw. ca. 400 permanente Flüge kalkuliert werden.

Nach dieser ersten Übersicht und Einordnung sollen im Folgenden die einzelnen besonders wichtigen direkten Emissionsquellen aus der deutschen Landwirtschaft einer genaueren Analyse unterzogen werden, wobei jeweils explizit auf die maßgeblichen Gründe für die spezifische Bedeutung einer Quelle und diesbezügliche Minderungsoptionen eingegangen wird.

**2.2 Methan- und Lachgasemissionen aus der Tierhaltung**

Hinsichtlich des Methanausstoßes fließen für den Bereich der Tierhaltung die Emissionen aus der Fermentation bei der Verdauung sowie aus dem Wirtschaftsdüngermanagement in die nationale Berichterstattung ein. In Bezug auf Lachgas (N<sub>2</sub>O) ist das Wirtschaftsdüngermanagement von ausschlaggebender Bedeutung.

**Aktuelle Situation**

Die Situation stellt sich momentan für die wesentlichen Kategorien von Tieren nach der gültigen Nomenklatur (IPCC, 2000) wie in Abbildung 2.4 ausgewiesen dar. Demnach belaufen sich die aktuellen Emissionen an Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) aus der Tierhaltung in Deutschland auf etwa 26,6 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Das sind deutlich mehr als 40% der Summe der agrarischen Methan- und Lachgasemissionen in Höhe von 64,6 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent.

**Rinderhaltung von besonderer Bedeutung**

Wie aus Abbildung 2.4 deutlich wird, kommt der Rinderhaltung, d.h. der Milch- und Rindfleischproduktion, ein besonderer Stellenwert bei der Emission beider Treibhausgase zu; aber auch die Schweinehaltung, etwa bei der Methanemission aus dem Wirtschaftsdüngermanagement, und die Geflügelhaltung, insbesondere in Bezug auf die Lachgasemission, sind in der tierischen Erzeugung von Bedeutung. Die besondere Relevanz einzelner für die Emissionen bedeutender Tierhaltungsverfahren soll im Folgenden im Detail herausgearbeitet werden.

Kategorie	Methan				Lachgas	
	Fermentation bei der Verdauung		Wirtschaftsdüngermanagement		Wirtschaftsdüngermanagement	
	1.000 t	Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	1.000 t	Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	1.000 t	Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent
Rinder	817,1	17,159	161,7	3,396	5,1	1,581
Schweine	29,8	0,626	73,3	1,539	1,3	0,403
Schafe	21,7	0,456	0,5	0,010	0,1	0,031
Geflügel	n.a.	n.a.	9,6	0,202	1,9	0,589
Sonstige	13,5	0,283	2,9	0,061	0,8	0,248
<b>Insgesamt</b>	<b>882,1</b>	<b>18,524</b>	<b>248,0</b>	<b>5,208</b>	<b>9,2</b>	<b>2,852</b>

Abbildung 2.4: Emissionen an Methan und Lachgas aus der Tierhaltung in Deutschland nach IPCC-Hauptkategorien für Tiere, 2004 (in 1.000 t)

Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a).

## 2.2.1 Haltungsverfahren und Emissionen sowie Minderungsoptionen für die Kategorie Rinder

Gemessen an der Gesamtemission an Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) aus der Tierhaltung kommt der Rinderhaltung in Deutschland eine besondere Beachtung zu: Über 83% der Treibhausgasemissionen beider Gase im CO<sub>2</sub>-Äquivalent entfallen auf diese Tierkategorie.

### Emissionen aus der Fermentation während der Verdauung bei Rindern

#### Ein Viertel der landwirtschaftlichen Treibhausgase entstehen durch Verdauung bei Rindern

Die in Abbildung 2.4 in Bezug auf die Fermentation bei der Verdauung ausgewiesenen 817.100 Tonnen Emissionen an Methan (CH<sub>4</sub>) für 2004 entsprechen

etwa 17,16 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent und damit – gemessen an der offiziellen Berichterstattung des UBA (2006) – mehr als einem Viertel aller hier zu berücksichtigenden landwirtschaftlich bedingten Emissionen in Höhe von 64,6 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Das ist beträchtlich und lohnt einen Blick auf die Verteilung. Aufgegliedert nach Tierkategorien ergeben sich die in Abbildung 2.5 ausgewiesener Emissionen in den letzten Jahren.

Die unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Tierkategorien – Milchkühe, Mastbullen und Färsen sind die Hauptemittenten – fußt dabei nahezu ausschließlich auf der Anzahl der in Deutschland gehaltenen Tiere und ihrer Größe bzw. dem damit zusammenhängenden Volumen des Verdauungstraktes.

Tierkategorie	1990		2004	
	Absolut (in 1.000 t)	Relativ (in %)	Absolut (in 1.000 t)	Relativ (in %)
Milchkühe	602,6	55,3	478,4	58,5
Kälber	7,1	0,6	4,7	0,6
Färsen	222,7	20,4	156,0	19,1
Mastbullen	230,0	21,1	131,3	16,1
Mutterkühe	11,9	1,1	37,7	4,6
Zuchtbullen	15,6	1,4	8,9	1,1
<b>Insgesamt</b>	<b>1089,9</b>	<b>100,0</b>	<b>817,1</b>	<b>100,0</b>

**Abbildung 2.5:** Emissionen an Methan aus der enterischen Fermentation (v.a. Pansengärung) bei Rindern in Deutschland, 1990 und 2004  
Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a).

#### Beachtliche Reduzierung des Methanausstoßes seit 1990

Es ist im Besonderen darauf hinzuweisen, dass durch die deutsche Landwirtschaft der Methanausstoß in diesem bedeutenden Segment gegenüber dem für das Kyoto-Protokoll ausschlaggebenden Referenzjahr 1990 um 25% verringert werden konnte. Das ist deutlich über dem nationalen Durchschnitt der Treibhausgasreduzierung, der, wie bereits gesagt, bei ca. 18% liegt (UBA, 2006). Diese Reduzierung beruht vor allen Dingen auf einem Rückgang der Rinderbestände, insbesondere infolge des Transformationsprozesses in den ostdeutschen Bundesländern, wo sich allein der Milchkuhbestand fast halbiert hat und der Bestand an Mastbullen noch deutlicher herunter gefahren wurde (DÄMMGEN, 2006a).

#### Exkurs: Emissionen einer Milchkuh im Vergleich zu einem Personenkraftwagen

Eine Milchkuh emittiert im Durchschnitt 111,7 kg Methan (CH<sub>4</sub>) im Jahr (DÄMMGEN, 2006b). Umgerechnet in CO<sub>2</sub>-Äquivalent entspricht allein das einer jährlichen Fahrleistung eines von der Politik in der EU propagierten Personenkraftwagens mit einem durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 130g/km von 18.000 km.

Rechnet man die von einer Milchkuh durch deren Wirtschaftsdünger emittierten Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) hinzu (vgl. hierzu die nachfolgende Betrachtungen), müssten weitere etwa 6.000 km Fahrleistung des beschriebenen Personenkraftwagens hinzu gerechnet werden.

### **Minderungsoptionen bei tiergerechter Haltung ...**

An der Methanemission aus den Fermentationsvorgängen im Pansen lässt sich derzeit nur begrenzt etwas ändern, weil Methan (CH<sub>4</sub>) insbesondere durch Mikroorganismen in den Mägen der Wiederkäuer unter den dort vorzufindenden anaeroben Konditionen bei der Verdauung als Stoffwechselprodukt erzeugt und durch die Tiere „ausgeatmet“ wird. Haltungsverfahren haben hier nur insofern einen Einfluss, als dass der Futtermittelmix und die individuelle Leistungsfähigkeit der Tiere den Methanausstoß variieren lassen können (WEGENER, 2006). Allerdings besteht hier noch ein erheblicher Forschungsbedarf (KTBL, 2006; AEA TECHNOLOGY ENVIRONMENT, 1998a; BATES, 2001).

Praktikable und an einer tiergerechten Haltung ausgerichtet Minderungsoptionen stellen sich demzufolge lediglich wie folgt dar (vgl. auch STEINFELD et al., 2006):

- Interessant ist vor allem folgender ernährungsphysiologischer Fakt: Je höher der Futteranteil, der in der Tierhaltung für die Leistungsfütterung umgesetzt wird, gegenüber dem Anteil für die Grundfütterung ausfällt, desto weniger Methan (CH<sub>4</sub>) wird je (per se nur in der Leistungsfütterung) produzierter Einheit tierischen Produkts (d.h. je kg Milch oder Fleisch) ausgestoßen. Bereits TRUNK (1995) hat aufgezeigt, dass sich der Methanausstoß je kg Milch, etwa bei einer Leistungssteigerung von 5.000 auf 7.000 kg Milch je Kuh und Jahr, deutlich verringern lässt, im konkreten Fall um etwa 20%.
- Diese Angaben werden offenbar durch die Praxis bestätigt. KECK et al. (2006) fassen diese Zusammenhänge wie folgt zusammen: Die Emissionen von Methan (CH<sub>4</sub>) je Produkteinheit werden durch jeden Prozess reduziert, der „... beim Tier das Verhältnis des Futterbedarfs für die Erhaltung in Richtung Produktion verschiebt. Dazu zählen erhöhte Lebendmassezunahmen, bei Milchkühen höhere Milchleistung, kürzere Trockenstehphasen und eine längere Nutzungsdauer“ (vgl. auch GRUBINGER, 2007; MONTENY et al., 2006).

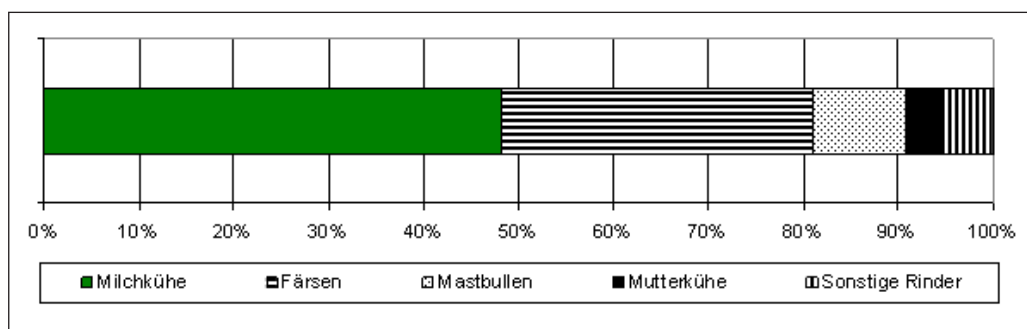
- Dabei muss, wie gesagt, von einer tiergerechten Haltung nicht abstrahiert werden. Im Gegenteil, bessere Haltungs- und Lebensbedingungen schaffen erst die notwendigen Grundlagen für höhere Milchleistungen und eine größere Anzahl von Laktationsperioden (längere Lebensdauer). Zudem geht es um eine Optimierung der natürlich vorhandenen Fütterungsoptionen und die Nutzung leistungsfähiger Rassen.

*... gelten für konventionell und ökologisch wirtschaftende Betriebe gleichermaßen*

Ohne Zweifel bestehen diese Optionen einer Minderung des Methanausstoßes nicht nur für konventionell wirtschaftende Betriebe, sondern auch für ökologisch ausgerichtete Landwirte. In der Tat gehen bewusst oder unbewusst gerade vergleichsweise extensiv wirtschaftende Betriebe in die angesprochene Richtung: So ist z.B. der Abstand in der Milchleistung zwischen auf die Milchproduktion spezialisierten ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben innerhalb von nur einer Dekade von ca. 20% heute bereits auf 10% gesunken, wird also stetig geringer (BMELV, versch. Jgg.).

### **Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement bei Rindern**

Sowohl Methan- als auch Lachgasemissionen spielen für die Klimawirksamkeit des Wirtschaftsdüngermanagements bei Rindern eine beachtliche Rolle, wie Abbildung 2.4 schon einleitend aufgezeigt hat. Das gegenwärtig in Deutschland praktizierte Wirtschaftsdüngermanagement in der Rinderhaltung ist für einen beachtlichen Anteil der agrarischen Gesamtemissionen verantwortlich; diese belaufen sich im CO<sub>2</sub>-Äquivalent auf fast 5 Mio. Tonnen bzw. knapp 8% der agrarischen Gesamtemissionen von 64,6 Mio. Tonnen. Sie sind mithin der zweitgrößte Block bei den klimarelevanten Emissionen aus der Tierhaltung. Dabei kommt wiederum den verschiedenen Tierkategorien eine unterschiedliche Bedeutung zu, wie Abbildung 2.6 ausweist.



**Abbildung 2.6:** Kumulierte Emissionen von Methan und Lachgas aus dem Wirtschaftsdüngermanagement für verschiedene Tierkategorien bei Rindern in Deutschland 2004 (in % CO<sub>2</sub>-Äquivalent) Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a).

Es wird wie auch schon in Bezug auf die Fermentation bei der Verdauung deutlich, dass mit der Milchproduktion besonders hohe Emissionen in der Rinderhaltung verbunden sind. 81% der CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus dem Wirtschaftsdüngermanagement entfallen auf die Milchviehhaltung und die mit ihr eng in Verbindung stehende Färsenaufzucht<sup>4</sup>. Mit weitem Abstand folgen Mastformen, etwa die Bullenmast mit fast 10% und die Mutterkuhhaltung mit gerade einmal 4%. Auch hier ist der wesentliche Faktor der Bestand an Tieren bzw. die von diesem ausgeschiedene Menge an tierischen Exkrementen.

Bei Betrachtung des Wirtschaftsdüngermanagements in Bezug auf dessen Klimawirksamkeit – und zwar nicht nur bei Rindern, sondern bei allen landwirtschaftlich genutzten Tierarten – ist grundsätzlich an Tierhaltungs- und Wirtschaftsdüngerlagerungsverfahren zu denken.

### ***Einfluss von Rinderhaltungsverfahren auf die Treibhausgasemissionen***

Ähnlich wie in Bezug auf die Fermentation während der Verdauung bei Rindern gestaltet sich die Diskussion von Einflüssen auf das Emissionspotenzial zunächst auch für das Wirtschaftsdüngermanagement recht schwierig, weil insbesondere Unterschiede in den Haltungsverfahren in der Praxis bislang nicht statistisch abgesichert sind (KTBL, 2006). Gleichwohl sind Expertenschätzungen verfügbar, die zumindest eine qualitative Abschätzung der Emissionspotenziale erlauben. In KTBL (2006) sind diese Expertenangaben für eine Reihe von in Deutschland angewendeten Haltungsverfahren zusammengefasst worden.

<b>Haltungsform und –verfahren</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>
Anbindehaltung im Kurzstand mit Gitterrost und Flüssigmist	+	-
Anbindehaltung im Mittellangstand	-	+/-
Anbindehaltung im Kurzstand mit Festmist	-	+/-
Liegeboxenlaufstall mit Hochboxen, harten Gummimatten, perforierten Laufflächen, Schieber	+	-
Liegeboxenlaufstall mit Hochboxen, Komfortmatten und plan befestigten Laufflächen	+	-
Liegeboxenlaufstall mit Tiefboxen sowie plan befestigten Laufflächen mit Flüssigmist	+	-
Zweiraumlaufstall mit Tiefstreu, perforierten Laufflächen und Auslauf	+/-	+
Zweiraumlaufstall mit Tiefstreu und plan befestigten Laufflächen	-	+
Tretmiststall mit plan befestigtem Mistgang	-	+/-

**Abbildung 2.7:** Qualitative Bewertung der Methan- und Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Milchviehhaltung. Quelle: Eigene Darstellung nach KTBL (2006).

<sup>4</sup> Eine Färse ist ein geschlechtsreifes weibliches Hausrind, das noch kein Kalb geboren hat.

### ***Emissionspotenziale der Milchviehhaltung***

Zunächst sind für die Milchviehhaltung die entsprechenden Expertenschätzungen für Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) in der Abbildung 2.7 dargestellt. In der Abbildung steht ein „+“ für ein relativ hohes Emissionspotenzial, ein „+/-“ für ein mittleres Emissionspotenzial und ein „-“ für ein vergleichsweise geringes Freisetzungspotenzial des jeweiligen Treibhausgases. Einschränkend muss hier erwähnt werden, dass spezielle Weidehaltungsverfahren nicht explizit Zugang in die Abschätzung der Milchviehhaltung gefunden haben.

### ***Zwischen Methan- und Lachgasemissionen besteht ein gewisser trade-off***

Dabei wird deutlich, dass relativ hohe Emissionen an Methan (CH<sub>4</sub>) in der Tendenz zu vergleichsweise geringen Emissionen an Lachgas (N<sub>2</sub>O) innerhalb des Wirtschaftsdüngermanagements führen. Das hängt mit den unterschiedlichen Milieus zusammen, in denen die entsprechenden chemischen Prozesse der Gasentstehung ablaufen. So entsteht Methan (CH<sub>4</sub>) ausschließlich unter anaeroben und Lachgas (N<sub>2</sub>O) unter vorzugsweise aeroben Bedingungen<sup>5</sup>.

Die Wahl des einen oder anderen Haltungsverfahren bedingt also (oft), sich für eine Emissionsreduzierung bei Methan (CH<sub>4</sub>) oder Mitigation von Lachgas (N<sub>2</sub>O) zu entscheiden: Es existiert also ein so genannter trade-off, ein Konfliktfeld, der bzw. das sorgfältige Abwägung erfordert.

<sup>5</sup> Ausführliche Beschreibungen zu den naturwissenschaftlichen Gegebenheiten und komplexen Abläufen der Methan- und Lachgasentstehung – gerade auch vor dem Hintergrund der Klimadiskussion – finden sich in zahlreichen Quellen (vgl. hierzu u.a. HARTUNG, 2002; IFIA und FAO, 2001).



### **Emissionspotenziale weiterer Rinderhaltungsverfahren**

Bei diesem Entscheidungsproblem bleibt es auch, wenn man weitere Haltungsverfahren in der Rinderhaltung betrachtet, wie es die Abbildungen 2.8 für Jungrinderhaltung (weibliche Rinder), 2.9 für Rindermast (männliche Tiere) und 2.10 für Mutterkuhhaltung darstellen.

Auch in diesen Abbildungen steht „+“ für ein relativ hohes Emissionspotenzial, „+/-“ für ein mittleres Emissionspotenzial und „-“ für ein vergleichsweise geringes Freisetzungspotenzial des jeweiligen Treibhausgases. Im Gegensatz zu den Expertenangaben für die Milchviehhaltung sind für die nun folgenden Haltungsverfahren auch Weideverfahren mit berücksichtigt worden.

Haltungsform und –verfahren	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Einraumlaufstall auf Basis Einflächenbucht mit Vollspaltenboden	+	-
Einraumlaufstall auf Basis Offenstall mit Tiefstreu	+/-	+
Liegeboxenlaufstall mit Hochboxen, harten Gummimatten, plan befestigten Laufflächen	+	-
Liegeboxenlaufstall mit Hochboxen, Komfortmatten, plan befestigten Laufflächen, Auslauf	+	+
Liegeboxenlaufstall mit Hochboxen, Harten Gummimatten, perforierten Laufflächen	+	-
Offenstall mit Tiefstreu und plan befestigten Laufflächen	+/-	+
Sommerweide für Jungrinder	-	-

**Abbildung 2.8:** Qualitative Bewertung der Methan- und Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Jungrinderhaltung  
Quelle: Eigene Darstellung nach KTBL (2006).

Haltungsform und –verfahren	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Einflächenbucht mit Vollspaltenboden und Aufsprungschutz	+	-
Tretmiststall mit Mistgang außerhalb der Bucht am Fressbereich	+/-	+/-
Zweiflächenbucht mit perforierter Lauffläche und gummiertem Liegebereich	+	-
Zweiflächenbucht mit Tiefstreu und plan befestigter Lauffläche	+/-	+
Liegeboxenlaufstall, eingestreute Hochboxen, Komfortmatten, plan befestigten Laufflächen	+	-
Sommerweide für Mastrinder	-	-

**Abbildung 2.9:** Qualitative Bewertung der Methan- und Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Rindermast  
Quelle: Eigene Darstellung nach KTBL (2006).

Haltungsform und –verfahren	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Einraumlaufstall mit Tiefstreu und Laufhof, Sommerweide	-	+/-
Offenstall mit Tiefstreu und Auslauf, Sommerweide	-	+/-
Zweiraumlaufstall mit Tiefstreu, plan befestigter Lauffläche und Kälberschlupf, Weide	-	+/-
Tretmiststall mit Mistgang und Kälberschlupf, Sommerweide	-	-
Mehrraumlaufstall mit getrennten Funktionsbereichen, eingestreuten Liegeflächen, Fressplatz im Auslauf, Sommerweide	-	+/-
Ganzjährige Freilandhaltung mit Unterstand und separater Abkalbmöglichkeit	-	-
Sommerweide mit separater Abkalbmöglichkeit	-	-

**Abbildung 2.10:** Qualitative Bewertung der Methan- und Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Mutterkuhhaltung  
Quelle: Eigene Darstellung nach KTBL (2006).

### ***Minderungsoptionen durch Haltungsverfahren***

Wenn aber ein trade-off zwischen der Emission von Methan ( $\text{CH}_4$ ) auf der einen und der von Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) auf der anderen Seite offensichtlich ist, mag es zweckmäßig sein, nach dem Emissionsvolumen beider Gase, gemessen im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent, zu handeln. Doch wie bereits ausgeführt, fehlt es hier noch an belastbaren Resultaten aus Forschung und Praxisversuchen, die eine genaue Quantifizierung der kumulierten Effekte zulassen<sup>6</sup>.

Das heißt jedoch nicht, dass es an bereits in der Praxis umsetzbaren Erkenntnissen, gerade in Bezug auf das Wirtschaftsdüngermanagement mangelt. Die vier letzten Abbildungen und das daraus gezogene Zwischenfazit haben bereits aufgezeigt, dass die Wahl der Haltungsform einen signifikanten Einfluss auf die Emissionen hat.

### ***Weidehaltung kommt besondere Bedeutung zu***

Folgende Ansatzpunkte sind vor dem Hintergrund einer gewünschten Methan- und Lachgasemissionsreduzierung und in Bezug auf die Haltungstechnologie besonders diskussionswürdig:

- Wie bereits aus den vorhergehenden Abbildungen erschlossen werden kann, scheint die Weidehaltung bzw. der Weidegang von besonderer Bedeutung für eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen aus der Rinderhaltung zu sein. Freilandhaltung, ob nun ganzjährig oder teilweise, wird mit den besten bzw. vergleichbar besseren Bewertungen hinsichtlich einer geringen Emission versehen. Auch wird der Weidegang bei der Milchviehhaltung, zu der vergleichbare Bewertungen für die Weidehaltung nicht in KTBL (2006) vorliegen, grundsätzlich als Emissionen mindernd eingestuft, insbesondere im Hinblick auf Methan ( $\text{CH}_4$ ). Das ist so, weil es hier praktisch zu keinem unmittelbaren Zustandekommen anaerober Milieus kommt. Aber auch der Lachgasanfall kann in der Weidehaltung oder durch Weidekomponenten in der Haltung gering gehalten werden,

<sup>6</sup> Das mag verwundern, gibt man doch mit der nationalen Berichterstattung zu den Emissionsinventaren (vgl. UBA, 2006; DÄMMGEN, 2006a) eigentlich vor, zu wissen, welche Ausstöße realisiert werden. Entsprechende Statistiken nutzen standardisierte Verfahren, u.a. Regressionsrechnungen, um im Mittel aller anthropogen verursachten Prozesse (hier in der Rinderhaltung) einen für Deutschland realistischen Wert anzugeben. Die Schätzgenauigkeit dieser Rechnungen ist höher und gilt als statistisch abgesichert, wohingegen die Angaben zu einzelnen Prozessen einer Signifikanzprüfung oft nicht standhalten. In diesem Zusammenhang ist auch auf die Ausführungen zur Erreichung eines festgelegten Mitigationsziels im Kapitel 5.1 dieses Berichts zu verweisen.

insbesondere bei geringer Viehbestandsdichte bzw. reduzierter zusätzlicher Stickstoffausbringung (u.a. über Gülle) (ANGER, 2002) und bei Vermeidung Boden verdichtender Maßnahmen (KECK et al., 2006).

- Einstreumengen in der Haltung haben ebenfalls einen entscheidenden Einfluss auf die Freisetzung von Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ). AMON et al. (2002) haben z.B. aufgezeigt, dass hohe Einstreumengen in Tretmistställen zu vergleichsweise hohen Lachgasemissionen aus dem Stall führen, jedoch im Vergleich mit geringen Einstreumengen zu relativ geringen Methanemissionen. Angesichts der besonderen Bedeutung von Methan ( $\text{CH}_4$ ) als klimawirksames Gas aus dem Wirtschaftsdüngermanagement und in Anbetracht der Summe von im Stall und später während der Lagerung von frischem Mist anfallenden Gesamtemissionen scheint einiges für eine hohe Einstreumenge zu sprechen, da die Gesamtemissionen (d.h. von Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ )) offensichtlich deutlich geringer sind als bei niedriger Einstreumenge.
- KECK et al. (2006) sowie MONTENY et al. (2006) sprechen sich vor diesem Hintergrund beispielsweise dafür aus, in eingestreuten Systemen durch häufiges Einstreuen und Entfernen des Mistes Emissionen zu reduzieren.

Das macht aber nur Sinn, wenn auch Minderungsmaßnahmen bei der Lagerung vorhanden sind, denn andernfalls würden die Emissionen nur vom Stall in die Lagerung „verschoben“. Bei der Erörterung der Emissionsproblematik in der Rinderhaltung (und auch bei den anderen Tierarten) müssen deshalb in der Tat neben den Ausstößen von Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) aus dem Stall, d.h. durch die spezielle Tierhaltung, auch die Emissionen infolge der Lagerung betrachtet werden.

### ***Minderungsoptionen durch spezielle Lagerungs- und Vergärungsverfahren (Biogas)***

Minderungsoptionen stellen sich vor diesem Hintergrund wie folgt dar:

- Der Emissionen mindernden Lagerung und Verwertung kommt in der Tat eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu. Im Bereich des Wirtschaftsdüngermanagements bietet sich, will man die kumulierte Emission von Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) weitmöglich verringern, die geschlossene Lagerung der Ausscheidungen an. Vieles spricht in diesem Zusammenhang zunächst für Flüssigmist-systeme: Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) fällt hier in der Lagerung erst gar nicht in beachtenswertem Umfang an und

das entstehende Methan ( $\text{CH}_4$ ) kann gezielt genutzt werden (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2003), indem eine Biogasanlage das entstandene Gas verwertet. Aus der Perspektive der Tiergerechtheit sollten jedoch Haltungssysteme mit Stroheinstreu bevorzugt zur Anwendung kommen und keine Flüssigmistsysteme.

- CLEMENS et al. (2002) zufolge kann über eine anaerobe Vergärung von Substraten in Biogasanlagen die Methan- und Lachgasemission während der Lagerung vollständig unterdrückt werden. Allerdings muss dann das vergorene Substrat möglichst umgehend ausgebracht werden. Andernfalls fallen Emissionen in der nachfolgenden Lagerung an. Diese sind aber bei weitem nicht so hoch, wie etwa bei unvergärter Gülle (SCHUMACHER, 1999).
- Ist eine biogastechnische Vergärung von Gülle nicht möglich, z.B. wegen fehlender Investitionsmittel, lassen sich beispielsweise über geeignete Abdeckungen Emissionen durch Unterbindung bzw. Reduzierung der entsprechenden chemisch-physikalischen Prozesse im Substrat verringern. Bisweilen verändern sich bei den Abdeckungsalternativen Methan- und Lachgasemissionen nicht gleichgerichtet. Grundsätzlich jedoch induzieren Folienabdeckungen vergleichsweise geringe Emissionen und Strohabdeckungen relativ hohe Emissionen (CLEMENS et al., 2002).
- Aus verschiedenen Gründen werden Festmistverfahren gegenüber dem Gülleverfahren bevorzugt, etwa in Erwägung der Tiergerechtheit und tiergerechten Haltung. Kann auch dieses Substrat sofort in eine Biogasanlage verbracht werden, ist es auch hier möglich, Methan- und Lachgasemissionen vollständig zu vermeiden (CLEMENS et al., 2002). Dem Autor zufolge bietet es sich im Falle der jedoch meist (notwendigen Zwischen-) Lagerung an, durch das mehrmalige Umsetzen der Mieten Emissionen sowohl an Methan ( $\text{CH}_4$ ) als auch an Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) zu minimieren. Zumindest Methanemissionen lassen sich darüber hinaus durch kühle Lagerung (z.B. in Schattenzonen) absenken.

### ***Minderungsoptionen durch spezielle Ausbringungsverfahren***

Schließlich ist im Hinblick auf die Verwertung des Wirtschaftsdüngers noch im Mindesten auf zwei Aspekte bei der Ausbringung des Düngers zu verweisen:

- Festmistsysteme bringen Vorteile mit sich in Bezug auf die Ausbringung. Praxismessungen zeigen, dass die Emissionen während der Ausbringung gegenü-

ber denen während der Lagerung zu vernachlässigen sind (CLEMENS et al., 2002).

- Bei der Ausbringung von Gülle, egal ob als Biogassubstrat verbracht oder als vorbehandelte oder Rohgülle, können Emissionen über die Wahl der Applikationstechnik beeinflusst werden. Als besonders problematisch erweist sich das so genannte Injektionsverfahren, welches wiederum aus Sicht der Ammoniak-/Geruchsproblematik bevorzugt wird. Günstig sind oberflächennahe Ausbringungsformen (z.B. ist die Schleppschuhtechnik besser als die Pralltellertechnik) mit sofortiger, jedoch flacher Einarbeitung (vgl. hierzu u.a. DOSCH, 1996; SCHÜRER und REITZ, 1998; WULF et al., 2001).

### ***Im Wirtschaftsdüngermanagement müssen Minderungsmaßnahmen nicht viel kosten***

Dass Minderungsoptionen insbesondere auch im Wirtschaftsdüngermanagement nicht viel Geld kosten müssen zeigt der folgende Exkurs, der nicht nur auf die bislang betrachtete Rinderhaltung bezogen werden kann, sondern auch auf die nachfolgend noch analysierten Haltungsverfahren.

#### ***Exkurs: Kostengünstige emissionsmindernde Maßnahmen im Wirtschaftsdüngermanagement***

1. Gülle ist ein bedeutender flüssiger Wirtschaftsdünger. Verbreitet ist nach wie vor die Pralltellererausbringung. Dabei wird die Gülle in einiger Höhe über dem Boden unter Druck auf einen Prallteller gespritzt, wodurch sie verteilt wird. Ein Verfahren, bei dem die Gülle mit Hilfe einer Schleppschuhtechnik bodennah verteilt und eingearbeitet wird, hat praktisch die gleichen Investitions- und Ausbringungskosten, verringert aber die Emissionen signifikant. Wenn die Emissionen einen Preis hätten, ergäbe sich ein wirtschaftlicher Anreiz für die Landwirtschaft, das emissionsärmere Ausbringungsverfahren zu wählen.
2. Wird Wirtschaftsdünger bis zur Ausbringung offen gelagert, werden sowohl Methan ( $\text{CH}_4$ ) als auch Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) emittiert. Eine Abdeckung mit geeigneten Deckmaterialien wie Folien ist kostengünstig und kann die lagerungsbedingten Emissionen signifikant verringern. Wiederum würde ein Preis, der von den Emittenten für die Freisetzung von Klimagasen zu zahlen wäre, einen ökonomischen Anreiz schaffen, die Emissionen zu vermindern.

### **Fazit für die Rinderhaltung**

Verdauungsprozesse, die für beachtliche Methanemissionen durch Rinder verantwortlich sind, können nur bedingt gesteuert und einer Reduzierung von Treibhausgasemissionen zugeführt werden. Praktikabel ist eine tiergerechte und auf das jeweilige Leistungsniveau der Tiere angepasste Fütterung, bei der der Anteil des Futters, der für die Leistungsfütterung umgesetzt wird, gegenüber dem Anteil für die Grundfütterung vergleichsweise hoch ausfällt. Dies gilt für ökologische und konventionell wirtschaftende Betriebe gleichermaßen.

Im Rahmen des Wirtschaftsdüngermanagements ist eine Änderung der Haltungstechnologien in der Rinderproduktion oftmals mit einer Abwägung zwischen der Reduzierung einer speziellen Treibhausgasemission (z.B. Methan ( $\text{CH}_4$ )) zulasten der anderen Emission (z. B. Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ )) verbunden. Gleichwohl gibt es für ein jedes Rinderhaltungsverfahren „bessere“ und „schlechtere“ Lösungen. Besonders attraktiv im Hinblick auf eine Emissionsreduktion schneiden Verfahren ab, die eine Weidekomponente enthalten. Dies lässt sich damit begründen, dass Weideverfahren, also vergleichsweise extensive Haltungsverfahren, (in Bezug auf das Wirtschaftsdüngermanagement) eine besonders hohe Klimaschutzwirkung, d.h. ein relativ hohes Mitigationspotenzial aufweisen. Im Zusammenhang mit der biogastechnischen Vergärung ergeben sich die größten Emissionsminderungspotenziale im Wirtschaftsdüngermanagement.

### **2.2.2 Haltungsverfahren und Emissionen sowie Minderungsoptionen für die Kategorie Schweine**

Gemessen an der gesamten Treibhausgasemission aus Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) der deutschen Tierhaltung trägt die Schweinehaltung mit knapp 10% (vgl. Abbildung 2.4) zu einem nicht unbedeutenden Teil dazu bei; gemessen an den gesamten agrarischen Emissionen von 64,4 Mio. Tonnen im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent sind es ca. 4%.

#### **Grundsätzlich ähnliche Zusammenhänge wie in der Rinderproduktion**

Im Prinzip treffen auch hier alle Tatbestände, wie in der Rinderhaltung bereits beschrieben, zu: Methan ( $\text{CH}_4$ ) wird, wenn auch in ungleich geringerem Maße, durch die Fermentation bei der Verdauung freigesetzt, Methan- und Lachgasemissionen ergeben sich durch den Wirtschaftsdünger. Gleichwohl liegt hier der Emissionschwerpunkt bei Methan ( $\text{CH}_4$ ) aus dem Wirtschaftsdünger und nicht bei Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

### **Jedoch auch Besonderheiten der Schweinehaltung in Bezug auf die Treibhausgasemission**

Im Besonderen sind für die Haltungsverfahren und Emissionen sowie für die Minderungsoptionen in der Schweinehaltung folgende Aspekte zu beachten:

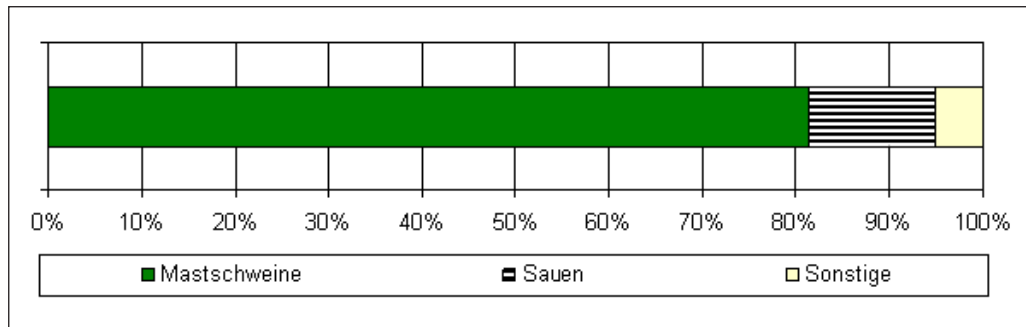
- Der Anteil freigesetzten Methans ( $\text{CH}_4$ ) aus der Verdauung bei Schweinen ist gering im Vergleich zu Rindern. Je Schwein werden täglich bis zu acht Liter Methan ( $\text{CH}_4$ ) freigesetzt (AHLGRIMM und BREFORD, 1998); der entsprechende, in Abbildung 2.4 ausgewiesene Wert für Deutschland im Jahr 2004 entspricht daher der Emission von ca. 626.000 Tonnen im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent.
- Hinsichtlich der Minderung des spezifischen Methanausstoßes ist zu sagen, dass eine relativ rohfasernarme Ernährung und die Produktivität steigernde Haltungsverfahren diesen verringern helfen (u.a. HARTUNG, 2002).
- Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) wird auch in der Schweinehaltung dann verstärkt emittiert, wenn Tiefstreu- und so genannte Kompostsysteme vorhanden sind, hingegen ist bei Flüssigmistsystemen auf Voll- und Teilspaltenböden von sehr geringen Emissionen auszugehen (GRONENSTEIN und VAN FAASTEN, 1996). Da eine tiergerechte Haltung auf Teil- und Vollspaltenböden nicht gegeben ist, ist diese Haltungsform aus tierschutzrechtlichen Gründen jedoch nicht zu befürworten. In eingestreuten Systemen lassen sich die Emissionen verringern, wenn Stroh anstatt Sägespäne als Einstreu verwendet wird bzw. die Häufigkeit des Mistens erhöht wird (NICKS et al., 2004; GRONENSTEIN, 2006).
- Grundlegender Emissionstatbestand in der Schweinehaltung ist jedoch die Methanfreisetzung im Wirtschaftsdüngermanagement. Die Bedeutung wird auch daran deutlich, dass das Verhältnis von akkumulierter klimaschädlicher Wirkung zwischen Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) in der Rinderhaltung noch bei 2,1 zu 1,0 lag, in der Schweinehaltung hingegen bei fast 4 zu 1 liegt (vgl. Werte im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent in der Abbildung 2.4).

#### **Besondere Bedeutung hat die Methanfreisetzung aus dem Wirtschaftsdüngermanagement**

Welches die Hauptverursacher des Methanausstoßes aus dem Wirtschaftsdüngermanagement in der Schweinehaltung sind, wird aus Abbildung 2.11 deutlich. Dies sind die Mastschweine und dann die Sauen. Aufzuchtferkel und Eber hingegen spielen eine untergeordnete Rolle, was wiederum vor allem auf die vergleichsweise geringen Bestände zurückzuführen ist.

Für die beiden Quellgruppen Mastschweine und Sauen soll deshalb in Anlehnung an das Vorgehen bei Rindern mit den Abbildungen 2.12 und 2.13 das Methanemissi-

onspotenzial verschiedener für Deutschland typischer Haltungsverfahren herausgearbeitet werden.



**Abbildung 2.11:** Emissionen an Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement nach Tierkategorien bei Schweinen in Deutschland, 2004  
Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a).

Hohes Emissionspotenzial	Mittleres Emissionspotenzial	Geringes Emissionspotenzial
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einflächenbucht mit perforiertem Boden und Kleingruppe</li> <li>• Einflächenbucht mit perforiertem Boden und Großgruppe</li> <li>• Zweiflächenbucht mit perforiertem Boden und einem plan befestigtem Liegebereich</li> <li>• Zweiflächenbucht mit einem perforierten Boden und einem drainierten Liegebereich</li> <li>• Außenklimastall mit Ruhekiste</li> <li>• Außenklimastall mit Schrägboden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Außenklimastall mit Tiefstreu und plan befestigtem Fressbereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einflächenbucht mit plan befestigtem Boden, Einstreu, Auslauf</li> <li>• Freilandhaltung mit Hütten</li> </ul>

**Abbildung 2.12:** Qualitative Bewertung der Methanemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Schweinemast (Mastschweine). Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an KTBL (2006).

Hohes Emissionspotenzial	Mittleres Emissionspotenzial	Geringes Emissionspotenzial
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einflächenbucht mit perforiertem Boden und Kleingruppe</li> <li>• Fressliegebucht mit Laufgang und Kleingruppe</li> <li>• Zweiflächenbucht mit perforiertem Boden und drainiertem Liegebereich</li> <li>• Kisten-/Bettenstall mit Großgruppe</li> <li>• Mehrflächenbucht mit Großgruppe, Mehrfachfutterstation, Einstreu, Auslauf</li> <li>• Hüttenstall mit Kleingruppe</li> <li>• Einflächenbucht mit perforiertem Boden und Großgruppe</li> <li>• Zweiflächenbucht mit perforiertem Boden und plan befestigtem Liegebereich</li> <li>• Einzelabferkelbucht mit permanenter Fixierung</li> <li>• Einzelabferkelbucht mit zeitlich begrenzter Fixierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelabferkelbucht mit zeitlich begrenzter Fixierung und Mistgang</li> <li>• Einzelabferkelbucht ohne Fixierung mit Auslauf</li> <li>• Gruppenabferkelung/Gruppensäugen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zweiflächenbucht mit Einstreu und Auslauf</li> <li>• Freilandhaltung mit Hütten</li> </ul>

**Abbildung 2.13:** Qualitative Bewertung der Methanemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Ferkelerzeugung (Sauen). Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an KTBL (2006).

Die Dominanz stark Methan (CH<sub>4</sub>) ausstoßender Haltungsverfahren im Mastschweine- und Sauen- bzw. Abferkelbereich ist offensichtlich und wohl Teil der besonderen Methanproblematik in der Schweinehaltung. Aber auch Emissionen reduzierende Haltungskonzepte sind vorhanden, zumal in der Freilandhaltung bzw. bei Verfahren mit großzügigen Frischluftkomponenten wie Auslauf und Außenklima bzw. Außenluft. Deutlich wird auch hier wieder – wie schon im konkreten Fall des Wirtschaftsdüngermanagements bei der Rinderhaltung – die relative Vorzüglichkeit extensiver Bewirtschaftungsformen.

### **Fazit für die Schweinehaltung**

Verdauungsprozesse, die bei Rindern für beachtliche Methanemissionen verantwortlich sind, haben in der Schweinehaltung nur eine vergleichsweise geringe Treibhausgasemission zur Folge. Gleiches gilt für die Lachgasfreisetzungen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement bei Schweinen.

Allerdings besteht ein relativ hohes Emissionspotenzial im Rahmen des Wirtschaftsdüngermanagements für Methan (CH<sub>4</sub>). Extensive Haltungsverfahren sowie zusätzlich die bereits im Zusammenhang mit der Lagerung und Verwertung tierischer Exkrememente in der Rinderhaltung genannten verfahrenstechnischen Lösungen<sup>7</sup> legen bestehende Mitigationspotenziale offen. Auch hier, in der Schweinehaltung, ist z.B. davon auszugehen, dass im Zusammenhang mit der biogastechnischen Vergärung größte Emissionsminderungen innerhalb des Wirtschaftsdüngermanagements zu erwarten sind.

### **2.2.3 Haltungsverfahren und Emissionen sowie Minderungsoptionen für andere Tierkategorien**

Auf alle anderen domestizierten und in die offizielle Berichterstattung aufgenommenen Tierarten entfallen laut Abbildung 2.4 etwa 4% der durch die Tierhaltung

in Deutschland bedingten Methanemissionen, jedoch fast 30% der spezifischen Lachgasemissionen. Damit kommt diesen Tierkategorien (Geflügel, Schafe, Ziegen, Pferde etc.) – bezogen auf die gesamten Treibhausgasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft in Höhe von 64,6 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent – eine Bedeutung von ca. 3% zu.

### **Lachgasemission aus der Geflügelhaltung von besonderer spezifischer Bedeutung**

Gleichwohl gibt es nur einen wesentlichen Emittenten, der noch nicht in die bisherigen Betrachtungen mit aufgenommen wurde: Es handelt sich dabei um die Lachgasemission aus der Geflügelhaltung, die einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von fast 600.000 Tonnen entspricht. Für verschiedene Haltungsverfahren in der Geflügelhaltung ergeben sich entsprechend Abbildung 2.14 entsprechende Emissionspotenziale.

### **Minderungsoptionen und kurzes Fazit für die Geflügelhaltung**

Trotz komplizierter Datenlage wird durch das KTBL (2006) auf verschiedene technologische Steuerungsmöglichkeiten bei der Emission verwiesen. Demnach verringern sich Lachgasemissionen in der Bodenhaltung, wenn Ruhe-, Fütterungs- und Tränkeinrichtungen über dem so genannten Kotbereich liegen; bei grundsätzlich gleichen Haltungsverfahren erhöht sich die Emission an Lachgas (N<sub>2</sub>O), wenn Kot und Einstreu nicht getrennt sind bzw. sich zu sehr vermischen und die Kotgrube langfristig im Stall verbleibt. Der Einbau belüfteter Kotbänder bzw. die häufigere Abfuhr von Exkrementen sind hier im Sinne einer Minderung der Emission von Lachgas (N<sub>2</sub>O) von Nutzen.

Somit verfügt die Geflügelhaltung wie auch die Rinder- und die Schweinehaltung über mehr als nur Ansatzpunkte für eine zielgerichtete Emissionsminderung bei relevanten Treibhausgasen.

Hohes Emissionspotenzial	Mittleres Emissionspotenzial
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenhaltung mit Kaltscharrraum</li> <li>• Bodenhaltung mit Kaltscharrraum und Auslauf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenhaltung</li> <li>• Bodenhaltung mit Auslauf</li> <li>• Bodenhaltung mit Kaltscharrraum ohne Innenscharrraum (und Auslauf)</li> <li>• Bodenhaltung mit Volierengestellen (und Kaltscharrraum und Auslauf)</li> </ul>

**Abbildung 2.14:** Lachgasemissionspotenziale für unterschiedliche Haltungsverfahren in der Legehennenhaltung und Junghennenaufzucht  
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an KTBL (2006).

<sup>7</sup> Diese sind an dieser Stelle nicht mehr explizit wiederholt worden. Vgl. hierzu die entsprechenden Ausführungen im Kapitel 2.2.1 des Berichts.

## 2.3 Methan- und Lachgasemissionen aus dem Pflanzenbau

Emissionen an den benannten Treibhausgasen aus dem Pflanzenbau sind weltweit und auch in Deutschland von besonderer Bedeutung. Anders als im globalen Kontext ist jedoch die Freisetzung von Methan ( $\text{CH}_4$ ) von einer solch untergeordneten Bedeutung, dass sie in der offiziellen Berichterstattung (UBA, 2006; DÄMMGEN, 2006a) nicht ausgewiesen wird. Das hängt u.a. damit zusammen, dass in Deutschland eine Nassflächenkultivierung, wie sie insbesondere mit dem Nassreisanbau oder mitunter auch auf Hochmoorstandorten vorherrscht, keine Rolle spielt.

### Analyse konzentriert sich auf Lachgasemissionen

Die folgende Bestandsaufnahme und Analyse beschränkt sich daher ausschließlich auf Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Die Offizialstatistik (u.a. DÄMMGEN, 2006a) unterscheidet hierbei zwischen zwei Emissionsarten, die auch hier separat diskutiert werden sollen:

- Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen und
- Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Flächen.

### 2.3.1 Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen

Die folgende Abbildung 2.15 zeigt zunächst auf, wie sich die Lachgasemissionen auf gedüngten landwirtschaftlichen Flächen für Deutschland in den vergangenen Jahren verändert haben.

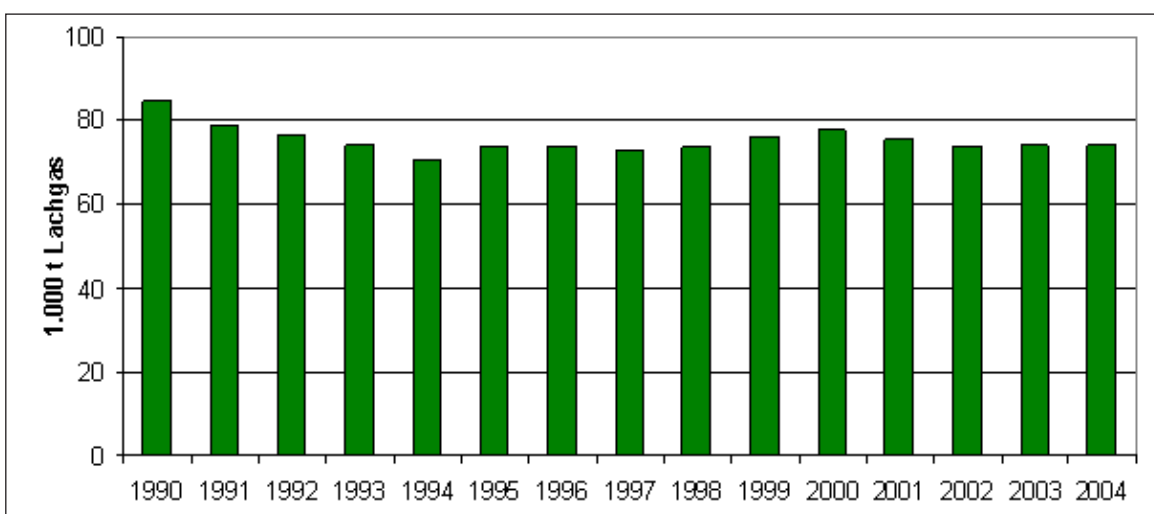


Abbildung 2.15: Emissionen von Lachgas aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland, 1990-2004  
Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a).

### Leichter Rückgang der Lachgasemissionen seit 1990

Es zeigt sich, dass nach einem recht deutlichen Rückgang zum Beginn der 1990er Jahre, der vor allem durch die Transformation in Ostdeutschland bedingt war, de facto Stagnation vorherrscht. Gleichwohl ist seit dem Jahr 2000 wieder ein leichter Rückgang festzustellen, der auch auf die Reform der Europäischen Agrarpolitik sowie auf die Standards der Düngeverordnung (DüV, 2007) und der Düngemittelverordnung (DüMV, 2003) sowie dem so genannten „cross compliance“<sup>8</sup> zurückgeführt werden kann. Im Jahr 2004 wurden demnach 74.300 Tonnen Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) emittiert, das entspricht einem  $\text{CO}_2$ -Äquivalent von 23 Mio. Tonnen und demnach ca. 36% der gesamten auf die deutsche Landwirtschaft bezogenen Freisetzungen an Treibhausgasen insgesamt.

### Lachgasemissionen sind außerordentlich bedeutend

Die Lachgasemission aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen ist mithin die bedeutendste Einzelposition im Kontext dieser Bewertung und im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent fast genauso hoch, wie die gesamte Treibhausgasemission aus der Tierhaltung, die bei etwa 26,6 Mio. Tonnen im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent lag.

Die spezifische Emission ist zudem hinsichtlich der Klimawirkung deutlich höher anzusetzen als z.B. der durch die chemische Industrie in Deutschland verursachte  $\text{CO}_2$ -Ausstoß (UBA, 2006).

<sup>8</sup> Die Gewährung von Direktzahlungen ist seit 2005 an die Einhaltung von Vorschriften in den Bereichen Umwelt, Futtermittel- und Lebensmittelsicherheit sowie Tiergesundheit

und Tierschutz geknüpft. Verstöße gegen diese Vorschriften führen zu einer Kürzung der Direktzahlungen.

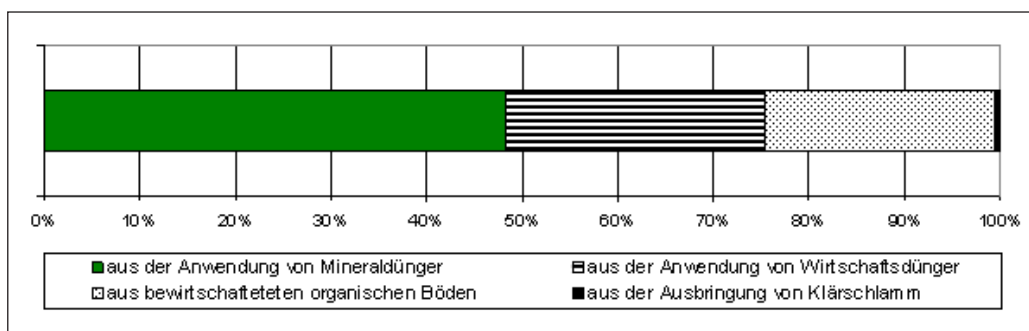
**Exkurs: Treibhausgasemission eines Hektars gedüngter landwirtschaftlicher Nutzfläche**

Von einem Hektar gedüngter landwirtschaftlicher Nutzfläche werden pro Jahr etwa 1,3 Tonnen Treibhausgas im CO<sub>2</sub>-Äquivalent emittiert. Dies entspricht dem Klimateffekt eines Autos mit einer jährlichen Fahrleistung von etwa 10.000 km bei einer Emission von 130 g Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) je gefahrenem km.

**Struktur der Lachgasemission aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen**

Abbildung 2.16 strukturiert nun die Gesamtemission aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen nach Emissionsgruppen für das Jahr 2004.

Der Düngung der Böden kommt naturgemäß eine besondere Rolle zu: Aus mit Mineraldünger versorgten Böden stammen fast 50% der spezifischen Lachgasemissionen. Zusammen mit dem Wirtschaftsdünger werden über aktive Düngemittelgaben sogar drei Viertel der spezifischen Lachgasemissionen verursacht.

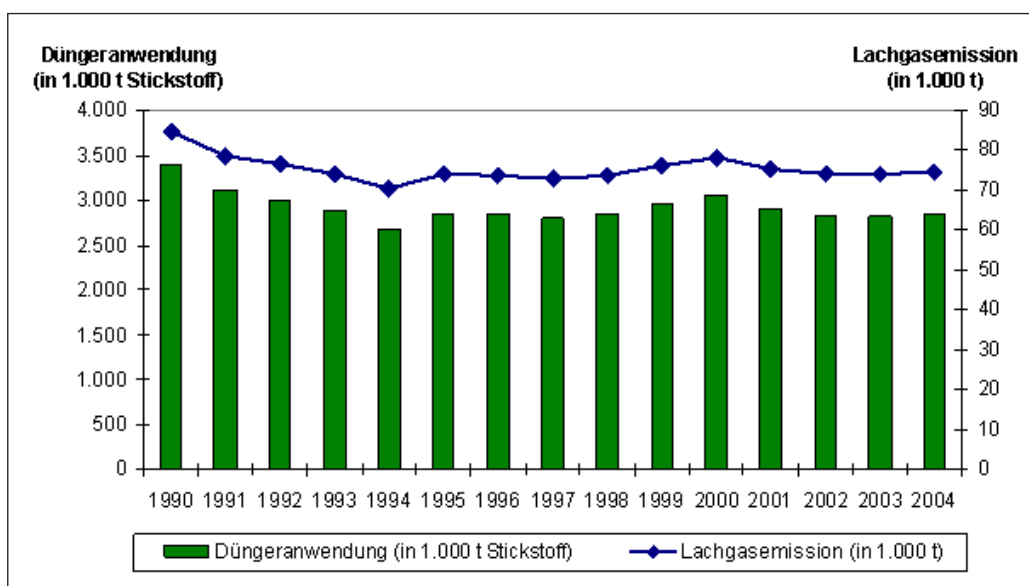


**Abbildung 2.16:** Emissionen von Lachgas aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen nach Gruppen in Deutschland, 2004 (in %). Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a).

**Düngungsintensität und Lachgasemissionen stehen in engem Zusammenhang**

In der Tat lässt sich ein enger Zusammenhang zwischen dem Eintrag von Dünger und der Lachgasemission aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen erkennen, wie die Abbildung 2.17 verdeutlicht.

Lachgasemissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Böden verhalten sich in der Tat weitgehend proportional zum verfügbaren Stickstoff in den jeweiligen Böden, der je nach Zustand über Nitrifikations- und/oder Denitrifikationsprozesse zu Lachgas (N<sub>2</sub>O) umgewandelt wird (IFIA und FAO, 2001). Möglichkeiten der Minderung von Lachgasemissionen im Pflanzenbau ergeben sich daher zwangsläufig aus allen Aktivitäten, die zu einer Verringerung des Düngereinsatzes führen.



**Abbildung 2.17:** Eintrag von Wirtschafts- und Mineraldünger sowie Lachgasemissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland, 1990-2004. Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a).



### ***Minderungspotenziale sind beachtlich***

Die Potenziale hierfür sind jedenfalls beachtlich. In einer Analyse für Niederösterreich kommen STEINMÜLLER et al. (1999) z.B. zu der Feststellung, dass bei Düngung entsprechend der so genannten fachlichen Empfehlungen über 36% des Stickstoffdüngereinsatzes eigentlich gespart werden könnten und entsprechend hohe Lachgasfreisetzungen nicht notwendig wären. Wenngleich man diese Erkenntnis aufgrund der Region und auch des Zeitpunktes der Feststellung (vor „cross compliance“) nicht ohne weiteres auf Deutschland und heute übertragen kann, so ist damit dennoch die Richtung vorgegeben, denn trotz propagierter guter landwirtschaftlicher Praxis und von politischer Seite geforderter „cross compliance“ hat sich, gemessen an dem offensichtlich hohen Einsparpotenzial, noch nicht so viel in den letzten Jahren getan, wie Abbildung 2.17 belegt.

### ***Besondere Potenziale liegen im effizienten Düngungsmanagement und einer Extensivierung***

In der Tat ergeben sich weitreichende Einsparpotenziale, und diese stellen sich wie folgt dar:

- Gute landwirtschaftliche Praxis und eine auf den konkreten Nährstoffbedarf abgestimmte Düngung (PÖLLINGER, 2004) sind sehr wohl in der Lage, merkliche Effekte zu generieren, weil noch immer bisweilen zuviel (eigentlich nicht benötigter) Stickstoffdünger ausgebracht wird. Das zeigt sich u.a. an der so genannten N-Effizienz, dem Vergleich von Stickstoffeinsatz und -entzug je Bodeneinheit. OSTERBURG et al. (2005) zeigen unter Verwendung von Buchführungsabschlüssen, dass diese Effizienz in Deutschland allenfalls bei 50% liegen dürfte, d.h. nur die Hälfte des eingesetzten Stickstoffes kann wirklich von den Pflanzen genutzt werden, der Rest geht „verloren“ und dies vor allem in Form von Lachgasemissionen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen TAUBE und VERREET (2006).
- Die Höhe der Düngemittelgabe lässt sich dabei in ganz entscheidendem Ausmaß über den Zeitpunkt der Düngemittelgabe steuern und verringern, denn je schneller der verfügbare Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen wird, desto geringer ist die Lachgasemission (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2003); zu vermeiden sind daher Düngergaben im Herbst, weil (a) dann das Pflanzenwachstum gering ist bzw. bereits stagniert und (b) Frost- und Tauvorgänge die Lachgasemission offenbar steigen lassen (SCHMIDT, 1998). Ähnliches gilt für Nacherntephase (IFIA und FAO, 2001).

- Ebenso führen Stickstoffgaben unter feuchten und zeitgleich warmen Bodenverhältnissen zu vergleichsweise hohen Lachgasemissionen (PÖLLINGER, 2004); eine positive Korrelation zwischen Regenmenge und Lachgasemission ist festgestellt worden (SCHMIDT, 1998), im Mindesten sollte auf eine Beregnung in engem zeitlichen Zusammenhang mit Düngung verzichtet werden.
- Und schließlich macht der in Abbildung 2.1 aufgezeigte Zusammenhang zwischen Düngungsintensität und Lachgasemission offensichtlich, dass jede Bemühung um Extensivierung der Pflanzenproduktion zu einer weiteren Reduzierung der spezifischen Emissionen an Lachgas (N<sub>2</sub>O) per se beitragen wird.

### ***Kurzes Zwischenfazit zur Düngung***

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass insbesondere zwei Parameter große Bedeutung für die Lachgasemissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen aufweisen. Der eine ist die Menge an Stickstoff, die ausgebracht wird, und der andere Parameter ist die Ausnutzung des verfügbaren Stickstoffs durch die Anbaukultur. Praktikable Minderungsoptionen sind diesbezüglich vorhanden. Eine deutliche Reduktion der Lachgasemission ist daher möglich.

### ***Eine zusätzliche Minderungsoption: Erhalt natürlicher Bodenstrukturen***

Mit Abbildung 2.16 wurde gezeigt, dass neben der eigentlichen Düngung auch aus der Bewirtschaftung organischer Böden ein Anteil an den Lachgasemissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen von etwa einem Viertel der spezifischen Emission resultiert. Hierbei handelt es sich um Effekte, die aus dem Abbau organischer Substanz, etwa durch Umwandlung von Moorstandorten in Ackerbaustandorte bzw. die Boden-degradierung in Folge zu intensiver Bewirtschaftungsformen resultieren. Natürlich gewachsene organische Strukturen (z.B. Moore) und natürliche Humusböden so lange wie möglich aufrecht zu erhalten bzw. ständig zu erneuern, wird demzufolge einen weiteren Beitrag zur Reduzierung dieses Anteils an Lachgasemissionen leisten, will man nicht auf die landwirtschaftliche Nutzung entsprechender Flächen gänzlich verzichten.

### ***Auch im Pflanzenbau müssen Minderungsmaßnahmen nicht viel kosten***

Dass Minderungsoptionen auch im Pflanzenbau, wie auch schon zu der Tierhaltung angebracht, nicht viel Geld kosten müssen zeigt der folgende Exkurs.

### **Exkurs: Kostengünstige emissionsmindernde Maßnahmen in der pflanzlichen Produktion**

1. Vor mehr als 30 Jahren wurde an der Universität Bonn das so genannte Cultan-Verfahren für die Ausbringung von Stickstoffdünger entwickelt. Dabei wird Stickstoff nicht als Nitrat, sondern als das in den meisten Böden stabile Ammonium gezielt in den Wurzelraum der Pflanzen injiziert. Von dem eingebrachten Ammonium werden 95% durch die Pflanzen verwertet. Lediglich 5% gelangen ins Sickerwasser oder werden emittiert. Hierdurch wird sowohl der Stickstoffeinsatz als auch die Emission je ausgebrachter Einheit Stickstoff gegenüber den herkömmlichen Verfahren deutlich verringert. Bei den gegenwärtig hohen Preisen für Stickstoffdünger ergibt sich durch das Cultan-Verfahren bereits heute eine Verringerung der Düngerkosten um 20 bis 50 EUR je Hektar.
2. Das Gleiche gilt im Prinzip für die so genannte ENTEC Düngemittel. Bei diesen granulierten Düngern wird Ammonium durch einen Zusatz stabilisiert. Dies verlangsamt die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat im Boden. Dadurch kann weniger Stickstoff ausgebracht werden und dieser wird zu einem größeren Anteil als bei den herkömmlichen Düngemitteln von den Pflanzen aufgenommen, so dass weniger Stickstoff ins Sickerwasser gerät oder emittiert wird. Die Ausbringung erfolgt mit herkömmlichen Granulatstreuern.

### **2.3.2 Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Flächen**

Schließlich ist auf Lachgasemissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Flächen einzugehen. Abbildung 2.18 weist in tabellarischer Form die Höhe dieser Emissionskomponente für die Jahre 1990 und 2004 sowie für verschiedene Emissionsgruppen aus.

Die ausgewiesenen fast 50.000 Tonnen Lachgas ( $N_2O$ ) für 2004 entsprechen ca. 15 Mio. Tonnen im  $CO_2$ -Äquivalent und damit fast einem Viertel der landwirtschaftlichen Emissionen von insgesamt 64,6 Mio. Tonnen im  $CO_2$ -Äquivalent.

#### **Wenige stichhaltige Analysen trotz relativ hoher Bedeutung der Lachgasproblematik**

Trotz dieser beachtlichen Bedeutung ist dieser speziellen Emissionsquelle von Lachgas ( $N_2O$ ) bzw. den entsprechenden in Abbildung 2.18 ausgewiesenen Gruppen bislang vergleichsweise wenig Analysekapazität

gewidmet worden. Stichhaltige Analysen und belastbare Argumente für oder gegen bestimmte Minderungsoptionen sind daher (noch) die Ausnahme. Dies mag zunächst verwundern, lässt sich jedoch teilweise auch begründen.

<b>Emissionsgruppe</b>	<b>1990</b>	<b>2004</b>
Leguminosenanbau	2,7	1,7
Weidegang	5,5	4,5
Ernterückstände	4,3	4,0
Depositionen von reaktiviertem N	9,8	8,2
Auswaschung und Abfluss von N	36,1	29,9
<b>Insgesamt</b>	<b>58,4</b>	<b>48,4</b>

**Abbildung 2.18:** Emissionen von Lachgas aus ungedüngten landwirtschaftlichen Flächen nach Gruppen in Deutschland, 1990 und 2004 (in 1.000 t). Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen nach DÄMMGEN (2006a)

#### **Emissionen aus ungedüngten Flächen haben ihren Ursprung größtenteils ebenfalls in der landwirtschaftlichen Primärproduktion**

Zunächst ist festzustellen, dass sich die spezifische Lachgasemission seit dem Basisjahr 1990 deutlich verringert hat und zwar insgesamt um mehr als 17%, was in etwa im Durchschnitt aller landwirtschaftlich bedingten Emissionen seitdem liegt. In der Tat sollte dieser Reduktionswert auch in ähnlicher Höhe liegen, denn die wichtigsten der in Abbildung 2.18 aufgeführten Quellen sind indirekt an die Landwirtschaft im Ganzen gebunden und müssen von daher insbesondere deren strukturelle und prozesstechnische Entwicklung im Zeitablauf widerspiegeln:

- DÄMMGEN et al. (2006) zufolge ergibt sich die Emission der hier bedeutendsten Quelle als indirekte Emission aus zuvor ausgewaschenem und abgeflossenem Stickstoff aus der Landwirtschaft. Dieser chemische Baustein stammt also aus Düngungsaktivitäten, die nicht im aktuellen Berichtszeitraum durchgeführt wurden. Mithin handelt es sich um einen vor allem zeitlich verzögerten Effekt der Stickstofffreisetzung, und die weiter oben aufgezeigte Reduzierung des Stickstoffeinsatzes über Mineral- und Wirtschaftsdünger wird hier noch einmal und zusätzlich manifest. Das zeigt sich auch im zeitlichen Verlauf des in Abbildung 2.18 ausgewiesenen Rückgangs. Auch bei dieser Position konnte ermittelt werden, dass der Rückgang in großem Maße kurz nach 1990 auftrat, was insbesondere mit dem Transformationseffekt begründet werden kann, sich dann stabilisierte und noch einmal nach dem Jahr 2000 bzw. im Zuge der verschärften Regelungen durch die Agrarpolitik (zu nennen wären wieder

die „cross compliance“, aber auch die Wasserrahmenrichtlinie<sup>9</sup>) anzog.

- Gleiches kann als Ursache des Rückgangs der zweitwichtigsten Position angeführt werden, denn bei der in Abbildung 2.18 ausgewiesenen Emission durch Deposition von reaktiviertem Stickstoff handelt es sich im eigentlichen Sinne auch um eine indirekte Emission der Landwirtschaft: Als Folge bereits (in vorhergehenden Zeitperioden) vollzogener Emissionen wird Stickstoff über die Atmosphäre wieder in die Böden eingetragen.

### **Kurzes Fazit**

Obwohl in diesem Kontext von so genannten ungedüngten Flächen gesprochen wird, sind die Zusammenhänge zwischen der Lachgasemission aus diesen Flächen und der allgemeinen landwirtschaftlichen Produktion (und insbesondere der Düngung) offensichtlich. Das zusätzliche Reduktionspotenzial ergibt sich ob dieser Nähe vor allem auch aus den bereits oben aufgezeigten technischen, technologischen, naturwissenschaftlichen und strukturellen Minderungsoptionen.

## **2.4 Fazit zu den klimaschädlichen Emissionen der deutschen Landwirtschaft**

### **Größte Einsparpotenziale in der Rinderhaltung und im Düngungsmanagement**

In der Rinderhaltung wird von der deutschen Landwirtschaft im Vergleich zu anderen Produktionsverfahren relativ viel Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) freigesetzt. Minderungsoptionen sind gegeben. Diese können vor allem realisiert werden durch einen Rückgang der Bestände, die Ausnutzung des Produktionspotentials der Rinder und eine zunehmend tiergerechte Haltung. Im Wirtschaftsdüngermanagement bestehen besonders interessante Optionen zur Emissionsminderung. Geschlossene Haltungssysteme, die möglichst umfassend die drei Stufen Stall, Lagerung und Ausbringung umfassen<sup>10</sup>, wirken stark reduzierend. In der Vergärung von tierischen Exkrementen zu Biogas wird seit geraumer Zeit das wesentliche Einsparpotenzial gesehen (vgl. auch SOMMER et al., 2001).

In der Pflanzenproduktion wird vor allem Lachgas (N<sub>2</sub>O) emittiert. Auch hierfür existieren nennenswerte Einsparpotenziale. Diese liegen vor allem in der sach- und zeitgerechten Anwendung von Stickstoffdüngern.

### **Einsparungen sind zu geringen Kosten erreichbar**

Wie in der tierischen so sind auch in der pflanzlichen Produktion signifikante Emissionsrückgänge zu relativ geringen Kosten zu erreichen. Diese sind bisher noch nicht realisiert worden, weil Emissionen noch keinen Preis für die Produzenten haben. Wäre dies der Fall, ließen sich schnell und kostengünstig Reduktionen der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen erreichen. Dies gilt im Übrigen nicht nur für die deutsche Landwirtschaft (PHIPPS und HALL, 1994; TRUNK, 1995; ANGENENDT, 2003; WEGENER et al., 2006).

DEANGELO et al. (2006) schätzen, dass das Mitigationspotential der Weltlandwirtschaft bei Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O), das praktisch ohne Kosten realisiert werden kann, bei 64 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalenten liegt, soviel wie die deutsche Landwirtschaft allein pro Jahr emittiert.

<sup>9</sup> Die anstehende Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie kann von daher noch einmal zu einem merklichen Reduktionseffekt führen.

<sup>10</sup> Das betrifft auch die geschlossene Lagerung von Gärresten (vgl. BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2003).

## 3 Politikinventarisierung für die Schnittstelle zwischen Klimaschutz und Agrarwirtschaft

### 3.1 Berücksichtigung der Landwirtschaft in der internationalen und nationalen Klimapolitik

Spätestens seit dem Weltgipfel von Rio im Jahr 1992 ist das Thema Klimaschutz auch auf der politischen Agenda. Die verabschiedete Klimarahmenkonvention vereinbart, die Treibhausgasemissionen weltweit zu stabilisieren. Die diesbezüglichen Verhandlungen haben 1997 zu rechtsverbindlichen Zusagen innerhalb des Kyoto-Protokolls geführt. Demnach sollen vor allem die Industriestaaten einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und im Mittel der Jahre 2008-2012 die Emissionen an Treibhausgasen um insgesamt 5,2% gegenüber dem Referenzzeitpunkt 1990 senken.

#### *Reduktionsziele gehen bis 50%*

Deutschland hat sich im Rahmen einer so genannten EU-Lastenteilung dazu verpflichtet, zum Zeitraum 2008-2012 insgesamt 21% weniger klimaschädliche Gase als 1990 zu produzieren. Im März 2007 wurden jedoch neue Beschlüsse für eine zukünftige EU-Klimapolitik gefasst. Demnach sollen EU-weit bis zum Jahr 2020 die Treibhausgasemissionen nunmehr um 30% unter das Niveau von 1990 abgesenkt werden, vorausgesetzt, die anderen Industriestaaten verpflichten sich zu ähnlichen Emissionsreduzierungen. Auf dem G-8-Gipfel in Heiligendamm wurde noch ein weitergehendes klimapolitisches Ziel formuliert, nämlich die Emissionen von Treibhausgasen bis 2050 um 50% zu reduzieren. Bundeskanzlerin Merkel will die deutschen Treibhausgase bis 2020 um 40% gegenüber 1990 senken.

#### *Partizipation der Landwirtschaft an den Reduktionszielen ist nicht vordergründig*

Bei einer Analyse der Maßnahmen, die als geeignet angesehen werden, diesen Weg im Kontext der EU zu unterstützen, fällt auf, dass der Landwirtschaft offensichtlich nur eine marginale Rolle zugeordnet wird. Mit Ausnahme der landwirtschaftlichen Nutzflächen, die als Kohlendioxidsenken dienen können, und dem Beitrag der Landwirtschaft zum Ausbau der erneuerbaren Energien finden sich bislang keine Zielvorgaben für eine stärkere Einbeziehung des Sektors in die Europäische Klimapolitik (u.a. EUROPEAN COMMISSION, 2007). Insofern verfolgt die EU hier konsequent einen Weg, der mit dem derzeit noch maßgebenden Sechsten Umweltaktionsprogramm der Gemeinschaft bereits eingeschlagen wurde. Dort ist der Schutz des Klimas zwar als einer von vier so genannten Handlungsberei-

chen genannt; Ansätze, die Landwirtschaft innerhalb dieses Bereiches stärker als bislang in die Verantwortung zu nehmen, gerade auch vor dem Hintergrund der aufgezeigten Methan- und Lachgasproblematik, fehlen (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2001).

Offensichtlich wird sich daran auf Europäischer Ebene naher Zukunft auch nichts ändern: EUROPEAN COMMISSION (2007) betont im Besonderen weder die Rolle der Landwirtschaft für den Klimawandel, noch gibt man konkrete Empfehlungen, in dieser Richtung stärker aktiv zu werden.

Klimapolitik in Deutschland stellt sich zunächst in ähnlicher Weise dar wie in der EU, was angesichts der engen politischen Verflechtungen nicht verwundern sollte. Auch hier findet die spezifische Rolle der Landwirtschaft nur wenig Beachtung. Im Jahr 2005 wurde das bereits fünf Jahre zuvor festgelegte nationale Klimaschutzprogramm neu- und fortgeschrieben. Dieses Programm enthält zum gegenwärtigen Zeitpunkt ein umfangreiches Bündel von Maßnahmen. Dazu zählen neben den auch in der aktuellen politischen Diskussion im Fokus stehenden privaten Haushalten und dem Verkehr, das Gewerbe, der Handel und die Dienstleistungen sowie die Abfallwirtschaft. Interessant ist aber, dass auch die Land- und Forstwirtschaft explizit Erwähnung findet. Argumentiert wird, dass auch zu diesem Sektor konkreter Handlungsbedarf besteht und Zielvorgaben festgelegt werden sollten (BMU, 2005).

#### *Implementierungen für die Landwirtschaft bleiben noch weitgehend unkonkret...*

Bei genauer Betrachtung findet sich jedoch in BMU (2005) nur wenig Konkretes, was zumindest die Umsetzung betrifft. Im Vordergrund der Argumentation steht der Beitrag der Landwirtschaft zur Festlegung und Reduzierung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), etwa durch Bindung in Böden und Biomasse, sowie im Kontext nachwachsender Rohstoffe und von Bioenergie. Auch wird – analog zur Argumentation im Kapitel 2 dieser Studie – darauf hingewiesen, dass Reduzierungen von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) möglich sind: Die größten Emissionsminderungen werden demzufolge in einem weiteren Zurückfahren der Produktion gesehen, d.h. in einer Reduzierung der Tierzahlen und der Stickstoffeinträge in Böden sowie einer Wiedervernäsung organischer Böden bzw. einem Verzicht auf deren ackerbauliche Nutzung. Technische Optionen werden lediglich für Biogasanlagen sowie für die Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger aufgeführt.

Bei alledem wird argumentiert, dass auf die produktiv-technischen Zusammenhänge nur bedingt Einfluss genommen werden kann.

### *... weil auch Zielvorgaben fehlen*

Das drückt sich auch in den für den Sektor Land- und Forstwirtschaft ausgesprochenen Empfehlungen aus, die kaum als Definition von Handlungsbedarf und Festlegung von Zielvorgaben angesehen werden können. Es wird lediglich empfohlen zu prüfen, ob weitere Anreize zur Reduzierung von Methan- und Lachgasemissionen zu schaffen sind.

Etwas konkreter wird die neue Initiative der Bundesregierung aus dem April 2007 (BMU, 2007). Insgesamt werden acht Maßnahmenbereiche definiert, die die dafür notwendige Einsparung von zusätzlichen 270 Mio. Tonnen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) bzw. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent erbringen sollen.

Nur der achte und letztgenannte Maßnahmenbereich benennt Aktivitäten im so genannten Nicht-Energie-Bereich und soll helfen, 40 Mio. Tonnen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) bzw. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent einzusparen. Dies ist so deutlich in vorhergehenden politischen Dokumenten nicht festgelegt worden und kann mithin zumindest als ein erster Schritt angesehen werden, der über die im Nationalen Klimaschutzprogramm 2005 empfohlene Prüfung von Optionen hinausgeht. Gleichwohl sind, wie gesagt, konkrete Maßnahmen noch nicht benannt.

## **3.2 Auswirkungen agrarpolitischer Maßnahmen auf die Reduzierung der Emissionen der Klimagase Methan und Lachgas in Deutschland**

Dass es bislang an expliziten politischen Zielvorgaben und Implementierungen, die am Reduktionspotenzial der Landwirtschaft ansetzen fehlt, muss nicht zwangsläufig heißen, dass agrarpolitische Maßnahmen nicht auch zu einer Emissionsminderung beitragen. Inwieweit dies quasi auf indirektem Wege mit den bisherigen agrarpolitischen Maßnahmen erreicht werden konnte, soll im Folgenden diskutiert werden.

Das BMELV (2005) führt aus, dass die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU zunehmend auch die Belange der Umwelt integriert, was in der Tat zutrifft. Zudem wird betont, dass die bereits zum Ende der 1990er Jahre vom Agrarrat der EU genannten Maßnahmen zur

Reduktion von Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft<sup>11</sup> in das politische Entscheidungskalkül aufgenommen wurden. Vor diesem Hintergrund soll geprüft werden, wie wesentliche Instrumente der GAP und auch relevante deutsche agrarpolitische Maßnahmen tatsächlich einen Beitrag zur Reduzierung von Ausstößen an Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) erbringen.

### ***EU-Agrarreform von 2003 und EU-Politik für den ländlichen Raum ab 2007 wirken indirekt in die richtige Richtung***

Hinsichtlich der EU-Agrarpolitik sind im Besonderen die folgenden beiden Aspekte politischer Entscheidungsfindung in den letzten Jahren zu benennen und zu bewerten:

- Die EU-Agrarminister haben im Juni 2003 eine weitere Reform der GAP verabschiedet. Und einige der Hauptelemente dieser Reform haben durchaus eine Relevanz im Sinne der Treibhausgasemissionen. Zu diesen Elementen zählen:
  - (a) produktionsunabhängige einzelbetriebliche Zahlung (die so genannte Entkopplung von Direktzahlungen),
  - (b) die Verknüpfung dieser Zahlungen mit der Einhaltung von Standards, u.a. auch in dem Bereich Umwelt (die bereits in Kapitel 2 erwähnte so genannte „cross-compliance“),
  - (c) Kürzungen der Direktzahlungen an große Betriebe (die so genannte Modulation) und
  - (d) Anpassungen der Marktstützungspolitik im Rahmen der GAP, etwa die vorgenommenen vergleichsweise moderaten Preiskürzungen im Milchsektor und die Kürzung der monatlichen Zuschläge im Getreidesektor.

Hinsichtlich der Wirkungen dieser Reformen auf die Klimaproblematik ist auf einige Argumente hinzuweisen. So begünstigen Modulation, d.h. de facto Subventionskürzungen, und Entkopplung, d.h. produktionsunabhängige Zahlungen, tendenziell extensivere Landbewirtschaftungsformen unter sonst gleichen Bedingungen, was zu einer Reduzierung insbesondere der Stickstoffdüngung und damit der Lachgasemissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Flächen führen kann. Demgegenüber ließ sich

<sup>11</sup> In diesem Zusammenhang ist auf folgende von der EU in Auftrag gegebene Studien zu verweisen, die explizit auf Optionen zur Minderung von Methan- und Lachgasemissionen eingehen: AEA TECHNOLOGY ENVIRONMENT (1998a, b) sowie BATES (2001).

beobachten, dass aufgrund von zum Teil erheblichen Preisanstiegen in einigen Sektoren keine Extensivierung stattfand bzw. sogar eine Intensivierung eingetreten ist. Diese Emissionen werden zudem abnehmen, weil ja „cross compliance“ die Agrarförderung mit der Einhaltung von Standards, wie etwa die der DüV (2007), der DüMV (2003) und damit der hier maßgebenden Nitratrachtlinie der EU, verbindet. Gleichzeitig wirken diese Maßnahmen, inklusive der Milchpreissenkung, in Richtung auf eine Reduzierung der Rinderbestände (u.a. KIRSCHKE et al., 2005), was im Kapitel 2 dieses Berichts diskutierte strukturelle Emissionsminderungen zur Folge haben dürfte<sup>12</sup>. Festzuhalten ist jedoch, dass die Anforderungen von „cross compliance“ im Bereich Umwelt sich vor allem auf den Bodenschutz richten. Zielsetzung und Anforderungen im Rahmen von „cross-compliance“ sollten auch dem Klimaschutz vermehrt Rechnung tragen.

- Im Rahmen des für die laufende Förderperiode 2007-2013 neu eingerichteten Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) werden zahlreiche Maßnahmen angeboten, die zu einer Reduzierung von Methan- und Lachgasemissionen beitragen könnten. Zu nennen wären z.B. Maßnahmen zur Förderung der markt- und standortangepassten Landwirtschaft und die in Deutschland im so genannten Agrarinvestitionsförderprogramm subsumierten Maßnahmen. Gefördert werden können daraus im Prinzip auch Investitionen, die zu Reduzierungen der Treibhausgasemissionen führen. Gleichwohl ist eine stärkere Ausrichtung und Prioritätensetzung in Richtung einer Reduzierung von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) in der Atmosphäre in den die spezifischen Förderkonditionen und -kriterien beschreibenden Operationellen Programmen nicht ersichtlich. Das trifft beispielsweise auf Operationelle Programme der deutschen Bundesländer zu (z.B. NOLEPPA, 2006)<sup>13</sup>. Bezeichnend ist in diesem Zusammenhang, dass die Europäische Umweltagentur (EEA) in ihrer jüngsten Beurteilung zur Einbeziehung von Um-

weltbelangen in die GAP mit keinem Wort die besondere Bedeutung der Agrarpolitik und der Politik für den ländlichen Raum für eine Reduzierung von Klimagasemissionen erwähnt (EEA, 2006).

### ***Nationale Handlungsmechanismen im Rahmen der EU-Agrarpolitik***

Neben der GAP steht es den Mitgliedstaaten offen, weitere nationale agrarpolitische Instrumente einzusetzen, wobei diese allerdings im Einklang mit der GAP stehen und deren Zielsetzungen und Mechanismen nicht aufheben sollen. Für die Reduktion von Treibhausgasen in Deutschland sind daher im Mindesten die folgenden Aspekte von Relevanz für die Bewertung der gegenwärtigen Politik:

- Die Ausweitung des ökologischen Landbaus in Deutschland hat positive Effekte auf die Reduzierung von Stickstoffeinträgen in den Boden und damit hinsichtlich der Verminderung der Lachgasemission. Die in diesem Zusammenhang zu erwähnende Flächenbindung in der Tierhaltung, d.h. die an die eigene Bodenverfügbarkeit und -bewirtschaftung gekoppelte Anzahl der Tiere, bewirkt in der Tendenz eine Abnahme der Tierbestände und eine Extensivierung in der Haltung. Weniger Tiere bedeuten zwangsläufig auch weniger Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O).
- Im Kontext zur Landwirtschaft spielen auch immer wieder das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) und verschiedene politische Maßnahmen, die darauf abzielen, den Anteil der Biokraftstoffe im Kraftstoffverbrauch zu erhöhen und die Produktion von Bioenergie auszuweiten, eine gewichtige Rolle in der Diskussion. Ohne Zweifel sind die darin enthaltenen Maßnahmen in der Lage, Emissionen an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zu reduzieren zu helfen bzw. CO<sub>2</sub>-emissionsneutrale Energieträger bereitzustellen, was positiv zu vermerken ist. Zu bedenken ist jedoch, und das fällt negativ ins Gewicht, dass die zunehmende Bedeutung der Bioenergie zu einer vergleichsweise intensiven Bewirtschaftung dafür bereitgestellter Flächen führen kann. Deren verstärkte Düngung erhöht die Lachgasemission und dürfte auch zur Umwidmung bisher nicht (mehr) landwirtschaftlich genutzter Flächen führen, da Energiepflanzen und nachwachsende Rohstoffe auf ehemals stillgelegten

<sup>12</sup> Auf die Wirkungen spezieller agrarpolitischer Maßnahmen, insbesondere auch der Milchmarktpolitik, wird noch weiter hinten, im Kapitel 5 dieses Berichts, eingegangen.

<sup>13</sup> Die Operationellen Programme basieren in nicht unwesentlichem Maßstab auf der so genannten Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK). Der für die jetzige Förderperiode 2007-2013 maßgebenden GAK-Rahmenplan lockert z.B. bisher bestehende Viehbesatzdichten, was zu Bestandsaufstockungen führen könnte. Wünschenswert wäre es vor diesem Hintergrund

etwa, bei Stallbauförderungen etc. Viehbesatzgrenzen als Förderkriterium noch stärker zu berücksichtigen. Ähnlich ließen sich weitere „Umweltstandards“ definieren, die zu zwingenden Förderkriterien im Sinne einer Reduzierung von Treibhausgasemissionen relativ leicht ausgebaut werden könnten.

Flächen angebaut werden dürfen. Weitere zusätzliche Lachgasemissionen wären die Folge. Auch hier besteht also ein klarer trade-off, d.h. ein Konfliktfeld. Vor diesem Hintergrund ist hinsichtlich Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) vor allem Biogasanlagen, die auf der Basis von Wirtschaftsdünger betrieben werden, ein nachhaltiger Emissionen reduzierender Effekt zuzuschreiben.

- Positiv zu bewerten sind Forschungsmaßnahmen, die u.a. auch im Ressort des BMELV bearbeitet und finanziert werden. Es wurde beispielsweise weiter oben gezeigt, dass allein bei der genauen Feststellung von durch die Landwirtschaft bedingten Emissionen an Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) enormer Forschungsbedarf besteht, und nur auf der Basis so gewonnener Erkenntnisse kann im Zusammenhang mit zusätzlichen ökonomischen und technologischen Forschungen die Wahl geeigneter Ansätze zur Reduzierung erfolgen. Insofern wäre eine stärkere Fokussierung auf Forschung und Entwicklung für den Klimaschutz in der Landwirtschaft angeraten.

#### ***Kurzes Zwischenfazit zur gegenwärtigen Politik***

Die Reduzierung von Methan- und Lachgasemissionen der Landwirtschaft ist als Problembereich von der Politik erkannt worden. Es fehlt allerdings an klaren Zielformulierungen und Umsetzungskonzepten. Mithin sind die bislang eingesetzten Politikinstrumente, ob nun aus europäischen oder nationalen Erwägungen heraus resultierend, eher nur indirekt in der Lage, Emissionen mildernd zu wirken.

### **3.3 Schlussfolgerungen unter besonderer Berücksichtigung von Kohärenz in den politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen**

Es kann also zusammengefasst werden, dass der Sektor Landwirtschaft in der europäischen und deutschen Klimapolitik noch wenig Berücksichtigung gefunden hat. Trotzdem hat die deutsche Landwirtschaft die Emissionen von Treibhausgasen seit 1990 deutlich reduziert. Dies war vornehmlich das Resultat der Transformationsprozesse in der Landwirtschaft Ostdeutschlands im Zuge der deutschen Einheit sowie der 1992 begonnenen und 2003 wiederholt akzentuierten Reformprozesse der GAP der EU, die in ihrer Summe seitdem zu einer stärkeren Markt- und Umweltorientierung geführt haben.

#### ***Kohärenz noch nicht ausgeprägt genug***

Diese Neuorientierung hat allerdings den Klimaschutz als politisches Ziel weitgehend unberücksichtigt gelassen. Eine gewisse Ausnahme stellt die Düngeverordnung (DüV, 2007) dar (siehe unten). Allerdings gehen auch deren Regelungen kaum über das hinaus, was Landwirte auch im eigenen wirtschaftlichen Interesse tun, so dass die DüV bisher wenig Wirkung gezeigt hat. Insofern besteht nur wenig Kohärenz.

Kohärenz in den politischen wie rechtlichen Rahmenbedingungen in den Bereichen Klimaschutz und Landwirtschaft ist also nicht genug ausgeprägt vorhanden. Beide Politikbereiche stehen quasi separat nebeneinander und überlappen sich, wie oben gezeigt, nur unwesentlich. Ein abgestimmtes, kohärentes Verhalten in der politischen Entscheidungsfindung zwischen den beiden Politikbereichen ist zumindest nicht offenkundig. Das setzt sich bei den rechtlichen Rahmenbedingungen fort: Auch hier kann nicht von einer ausgeprägter Kohärenz ausgegangen werden.

Dies zeigt sich z.B. in den – im Sinne dieser auf Methan- und Lachgasemissionen abzielenden Analyse – maßgeblichen Verordnungen, etwa, wie bereits gesagt, der DüV, dazu der DüMV und in diversen Verordnungen zur Tierhaltung oder beim EEG. Letzteres berücksichtigt beispielsweise noch nicht ausreichend, dass es aus klimaschutzpolitischer Sicht sehr wohl sinnvoll ist, Wirtschaftsdünger vermehrt in Biogasanlagen zu nutzen. Ein anderes Beispiel: Die Ausgestaltung von Verordnungen zur Tierhaltung berücksichtigt zwar zahlreiche Aspekte in Bezug auf den Tierschutz, jedoch stehen Klimaschutzaspekte nicht adäquat im Vordergrund der jeweiligen rechtlichen Vorgaben.

Bei allen Limitationen in Bezug auf die gegebene Kohärenz in den rechtlichen Rahmenbedingungen lässt sich jedoch auch feststellen, dass eine zunehmende Berücksichtigung entsprechender Fragestellungen in jüngster Zeit zu verzeichnen ist. Ein Beispiel liefert die jüngste Novelle der DüV und die Neufassung der DüMV. Hier wurde das Recht in Teilen weiterentwickelt mit dem Ziel, die Nährstoffeffizienz von Düngemitteln neben anderen Gründen auch aus klimaschutzpolitischer Sicht zu verbessern. So sind z.B. jetzt Regelungen vorhanden, mit denen die Freisetzung klimawirksamer Emissionen verringert werden kann.

Dazu zählen die vorgeschriebene Düngebedarfsermittlung und Bewertung innerbetrieblicher Nährstoffvergleiche, Anwendungsbeschränkungen und sogar -verbote sowie zusätzliche Vorgaben für die Anwendung von bestimmten Düngemitteln (vgl. HOLZ, 2007). In die richtige Richtung weisen auch Regelungen, die im Hinblick auf die anstehende Überprüfung des EEG vorgebracht werden: So sollte etwa der Verwertung von Wirtschaftsdünger durch Biogasanlagen besondere Bedeutung beigemessen werden (vgl. auch DEUTSCHER BUNDESTAG, 2007).

Ein Anfang auf dem Weg zu mehr Kohärenz ist also gemacht; gleichwohl sind noch beträchtliche Anstrengungen notwendig, um Klimaschutzpolitik und Agrarpolitik sowie die korrespondierenden rechtlichen Rahmenbedingungen so auszugestalten, dass innere und äußere Zusammenhänge zwischen den beiden Bereichen deutlicher zur Geltung kommen.



## 4 Strategien zur Reduzierung der Methan- und Lachgasemission aus der Landwirtschaft

Für die Ableitung einer zum Ziel führenden Strategie zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft im Rahmen dieser Studie ist es notwendig, vorab im Mindesten zwei grundsätzliche ökonomische Tatbestände zu skizzieren, auf denen eine solche Strategie aufbauen muss. Diese beruhen auf den Eigenschaften, dass die Emission von Klimagasen eine so genannte negative Externalität darstellt und Klimaschutz ein öffentliches Gut ist.

### *Emission von Klimagasen als negative Externalität*

Die Emission von Klimagasen stellt eine so genannte negative Externalität dar. Was heißt das? In den Wirtschaftswissenschaften spricht man dann von einer negativen Externalität, wenn die Produktion und/oder der Konsum eines Wirtschaftssubjekts sich negativ auf den Konsum und/oder die Produktion anderer Wirtschaftssubjekte auswirken.

#### ***Exkurs: Klassisches Beispiel für eine negative Externalität***

Ein klassisches Beispiel für eine negative Externalität stellt eine an einem Fluss gelegene Sägemühle dar, die das Wasser des Flusses verschmutzt und die daher den wirtschaftlichen Erfolg eines flussabwärts gelegenen Fischfarmers verringert. Eine negative Externalität verursacht daher Kosten, die nicht vom Verursacher (hier: die Sägemühle) getragen werden, sondern auf andere (hier: die Fischfarmer) abgewälzt (externalisiert) werden. Gleiches gilt für die Emissionen von Klimagasen: Diese verursachen Kosten, die nicht allein von den Emittenten getragen werden, sondern von der Gesellschaft als Entität.

Bei der Emission von Klimagasen kommt hinzu, dass hierdurch Kosten auch über nationalstaatliche Grenzen hinweg externalisiert werden, die in ihren Auswirkungen nationalstaatliche Grenzen überschreitet (VON WITZKE und LIVINGSTON, 1990a; VON WITZKE et al., 1993). Ihre vollständige Internalisierung kann nur im Rahmen internationaler Vereinbarungen erfolgen (VON WITZKE und LIVINGSTON, 1990b). Aber jedes Land muss dazu einen eigenen Beitrag leisten.

### *Klimaschutz als öffentliches Gut*

Wenn viele Menschen von einer negativen Externalität betroffen sind, wie dies bei Emissionen von Klimagasen der Fall ist, dann wird aus der negativen Externalität ein öffentliches Ungut (RUNGE et al., 1989). Klima-

schutz ist daher auch ein globales öffentliches Gut. Kein Land kann auf sich allein gestellt dieses Gut in einem aus gesamtwirtschaftlicher Sicht optimalen Umfang bereitstellen. Internationale Kooperation ist daher von zentraler Bedeutung, wie dies ja auch im Kyoto-Protokoll und in neueren Verhandlungen vereinbart wurde. Auf diese Weise kann ein so genanntes Gefangenendilemma, d.h. ein Zustand gegenseitigen Misstrauens, vermieden werden: Es kann also erreicht werden, dass jedes Land einen Beitrag zum Klimaschutz leistet, und es kann weitgehend vermieden werden, dass einzelne Länder sich als Trittbrettfahrer der Klimaschutzbemühungen anderer Länder verhalten (STERN, 2007; VON WITZKE und LIVINGSTON, 1990a,b).

### **4.1 Das Grundprinzip der Klimaschutzpolitik: Festlegung gesamtwirtschaftlich effizienter Mitigationsziele**

Bei Auftreten einer Externalität resultiert der Marktmechanismus nicht mehr notwendigerweise in einer unter den gegebenen Umständen maximalen Wohlfahrt einer Volkswirtschaft. Eine Externalität stellt deshalb auch eine Form von Marktversagen dar. In einem solchen Fall haben staatliche Aktivitäten das Potenzial, das Marktergebnis zu verbessern.

#### ***Das Prinzip der Einbeziehung von sozialen Zusatzkosten in Märkte***

Das Prinzip der Internalisierung, d.h. die Einbeziehung der sozialen Zusatzkosten, die durch die negativen externe Effekte verursacht werden, in das Wirtschaftlichkeitskalkül des Verursachers lässt sich graphisch anschaulich darstellen. Dies ist in Abbildung 4.1 für den einfachsten aller Fälle dargestellt, nämlich für eine Volkswirtschaft ohne internationalen Güterhandel und ohne die Möglichkeit, die negative Externalität oder einen Teil davon ins Ausland zu exportieren, wie dies bei allen grenzüberschreitenden Umweltverschmutzungen der Fall ist. Sowohl internationaler Güterhandel als auch grenzüberschreitende Externalitäten lassen sich indes problemlos berücksichtigen und können mutatis mutandis analog analysiert werden (vgl. hierzu z.B. VON WITZKE und LIVINGSTON, 1990a, b; VON WITZKE 2003; KARP und LIU, 2002; DUMAS et al., 2002).

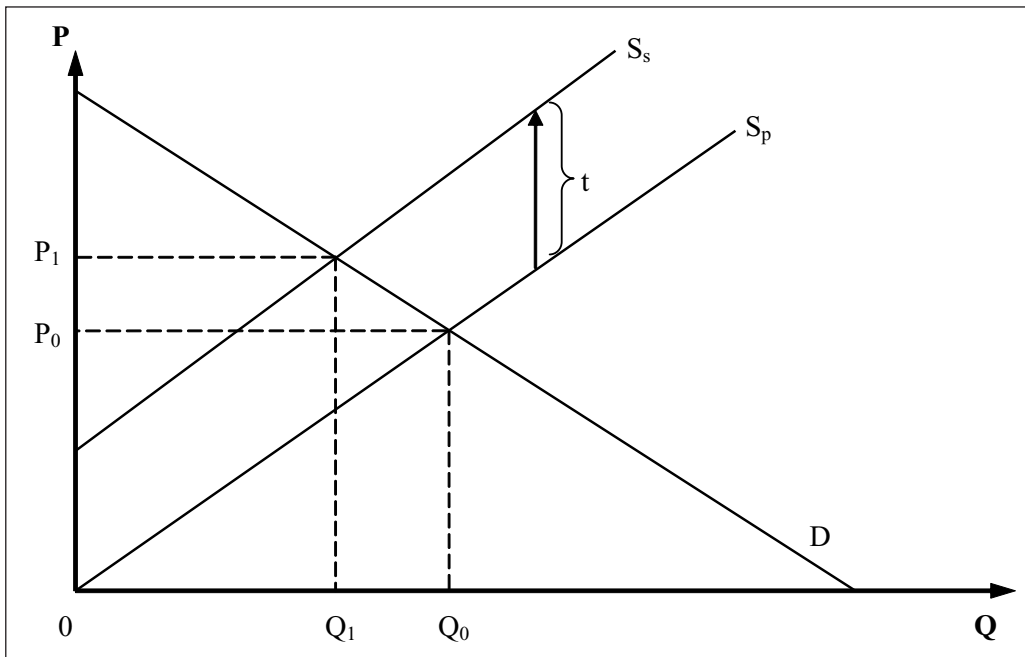


Abbildung 4.1: Internalisierung einer negativen Externalität

In Abbildung 4.1 ist auf der horizontalen Achse die Menge eines Gutes ( $Q$ ) abgetragen und auf der vertikalen Achse dessen Preis ( $P$ ). Die Angebotsfunktion privater Unternehmen bezeichnet dann die von links unten nach rechts oben ansteigend verlaufende Gerade ( $S_p$ ). Die Angebotsfunktion ( $S_s$ ) weist also den typischen Verlauf einer jeden Angebotsfunktion auf; sie hat eine positive Steigung. Mit zunehmendem Preis wird mehr produziert und damit mehr am Markt angeboten. Sie reflektiert jedoch nur die privaten Kosten der Produktion, nicht aber die negative Externalität und damit die sozialen Zusatzkosten der Produktion. Die andere Seite des Marktes, die Nachfrage, wird in Abbildung 4.1 durch die Nachfragefunktion ( $D$ ) repräsentiert. Sie verläuft im Schaubild als Gerade von links oben nach rechts unten und hat damit eine für Nachfragefunktionen typische negative Steigung; was zum Ausdruck bringt, dass mit zunehmendem Preis weniger am Markt nachgefragt wird.

#### **Unterschiedliche Marktgleichgewichte aus privater und gesamtwirtschaftlicher Sicht**

Das Gleichgewicht auf diesem Markt stellt sich nun dort ein, wo angebotene und nachgefragte Menge einander gleich sind. Dies ist der Fall im Schnittpunkt von Angebotsfunktion ( $S_p$ ) und Nachfragefunktion ( $D$ ). Damit ergeben sich eine gleichgewichtige, am Markt ausgetauschte Menge ( $Q_0$ ) und der dazugehörige Gleichgewichtspreis ( $P_0$ ). Dieser Preis berücksichtigt jedoch nicht die sozialen Zusatzkosten der negativen Externalität.

Die im Gleichgewicht am Markt ausgetauschte Menge ist aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zu hoch und der Marktpreis zu gering, und zwar aus folgendem Grund: Werden zu der privaten Angebotsfunktion ( $S_p$ ) die sozialen Zusatzkosten und damit also die negative Externalität addiert, ergibt sich die soziale Angebotsfunktion ( $S_s$ ), die sowohl die privaten Kosten als auch die sozialen Zusatzkosten der negativen Externalität wiedergibt. Die Differenz zwischen privater und sozialer Angebotsfunktion stellt die Höhe der zusätzlichen sozialen Kosten je zusätzlicher produzierter Menge ( $t$ ) dar.

Wenn es den Anbietern nicht möglich wäre, einen Teil der Kosten auf andere abzuwälzen, wären soziale Angebotsfunktion ( $S_s$ ) und private Angebotsfunktion ( $S_p$ ) identisch. Der Markt wäre voll funktionsfähig und würde von selbst die soziale Wohlfahrt maximieren. Das gesamtwirtschaftliche Optimum ergibt sich daher bei der neuen gleichgewichtigen Menge ( $Q_1$ ) und dem neuen Preis ( $P_1$ ).

Instrumente zur Korrektur einer negativen Externalität funktionieren idealerweise nach demselben Prinzip. Sie sollen diese entweder direkt internalisieren, d.h. die sozialen Zusatzkosten ( $t$ ) dem Verursacher anlasten, oder aber auf andere Weise die Produktion in Höhe der neuen Gleichgewichtsmenge ( $Q_1$ ) begrenzen.

Auch dieser Sachverhalt lässt sich an einem konkreten Beispiel wie im folgenden Exkurs veranschaulichen.

### **Exkurs: Klassisches Beispiel für die Internalisierung einer negativen Externalität**

Im bereits diskutierten Beispiel der Sägemühle, die einen Fluss verunreinigt, kann eine Internalisierung dadurch erfolgen, dass die Kosten, die der Fischer durch die Verunreinigung des Flusses durch die Sägemühle erfährt, der verursachenden Sägemühle angerechnet werden. Dies kann u.a. dadurch geschehen, dass der Sägemühle eine Steuer auf die produzierte Menge auferlegt wird, deren Höhe genau den zusätzlichen Kosten des Fischfarmers entspricht. Durch die Steuer erhöhen sich die Produktionskosten der Sägemühle und die Produktion sowie Verschmutzung des Flusses gehen zurück.

## **4.2 Wirtschaftspolitische Maßnahmen zum Klimaschutz**

In der Literatur sind die traditionellen wirtschaftspolitischen Maßnahmen, die vom Prinzip her geeignet sind, das Marktversagen von Externalitäten zu korrigieren, in ihrer relativen Vorzüglichkeit eingehend analysiert worden (z.B. PERMAN et al., 2003).

### **Prinzipiell geeignete wirtschaftspolitische Maßnahmen**

Diese Maßnahmen sind bei einer negativen Externalität:

- Emissionssteuer und -subvention (u. a. die so genannte Pigousteuer (PIGOU, 1920), wie sie auch im gerade vorgebrachten Exkurs umrissen wurde),
- handelbare Emissionsrechte,
- mengenmäßige Begrenzungen durch administrative oder ordnungsrechtliche Eingriffe, sowie
- institutionelle Ansätze (u.a. internationale Verhandlungen über gemeinsame Anstrengungen zur Reduktion einer grenzüberschreitenden negativen Externalität).

Im Folgenden sollen diese Maßnahmen im Einzelnen dargestellt und analysiert werden. Dabei wird vor allem auf deren relative Eignung für die Mitigation, d.h. die Reduktion, von Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft abgestellt.

### **Weitere Eingriffsmöglichkeiten**

Zuvor sei jedoch noch darauf verwiesen, dass sich neben diesen traditionellen Instrumenten zur Korrektur von negativen Externalitäten weitere Eingriffsmöglichkeiten für die Politik ergeben:

- Zum einen kann die negative Externalität durch Investitionen in die Agrarforschung verringert werden. Dieses wären etwa neue Technologien, die die Emissionen von Treibhausgasen in der Agrargüterproduktion verringern oder diese gänzlich vermeiden. In Abbildung 4.1 würde dies unter sonst gleichen Bedingungen zu einer Verschiebung der sozialen Angebotsfunktion ( $S_s$ ) nach unten führen, weil geringere soziale Zusatzkosten entstehen würden.
- Zum anderen kann auch ein verändertes Verhalten der Nachfrager zu einer Verringerung der negativen Externalität beitragen. Die Verbraucher in Deutschland und anderswo haben derzeit kaum Informationen über die Klimawirkungen der Agrargüterproduktion. Da aber die Prozessqualität für Kaufentscheidungen der Verbraucher immer wichtiger geworden ist, kann die Aufklärung der Verbraucher zu einer Veränderung des Nachfrageverhaltens führen. In Abbildung 4.1 käme dies in einer Verschiebung der Nachfragefunktion ( $D$ ) nach unten zum Ausdruck und damit in einer Verminderung sowohl der nachgefragten als auch der produzierten Menge.

### **4.2.1 Theoretische Grundlagen**

Die theoretische Begründung der oben genannten Pigousteuer ist zunächst intuitiv plausibel. Die Steuer wird in genau der Höhe erhoben, die den externen Kosten entspricht. In Abbildung 4.1 wäre dies eine Steuer in Höhe der sozialen Zusatzkosten ( $t$ ). Auf diese Weise verschiebt sich die private Angebotsfunktion in Höhe dieser sozialen Zusatzkosten ( $t$ ) nach oben. Dadurch sind jetzt die neue private und die soziale Angebotsfunktion identisch und die angebotene Menge entspricht der gesamtwirtschaftlich optimalen Menge ( $Q_1$ ).

### **Vereinfachungen in der Herangehensweise durch fehlende Informationen**

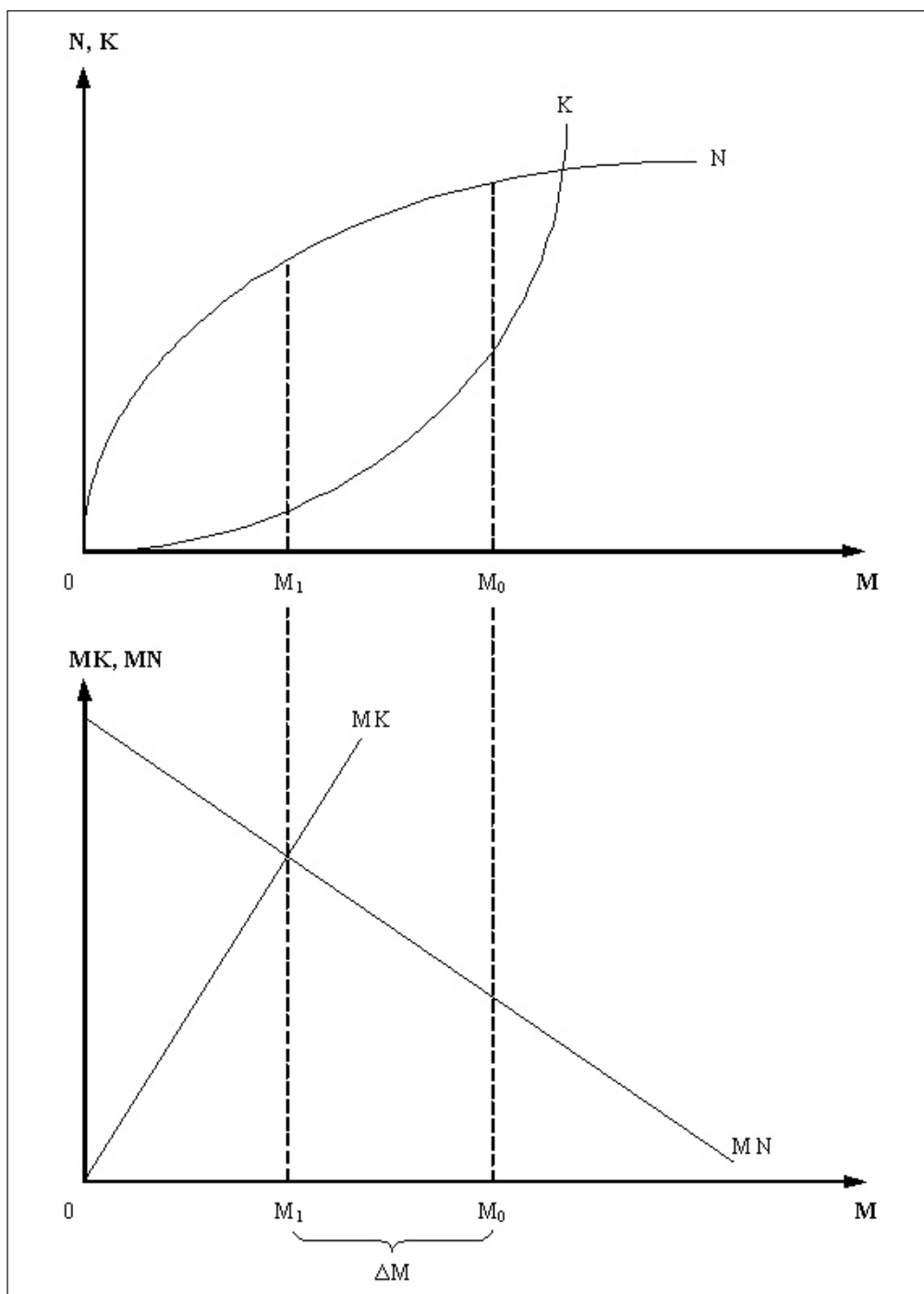
In der Praxis ist die Festlegung der optimalen Steuer aber meist nicht möglich, weil man nur die private Angebotsfunktion ( $S_p$ ) kennt und die Informationen über die soziale Wertschätzung öffentlicher Güter wie etwa den Klimaschutz, die notwendig sind, um die soziale Angebotsfunktion ( $S_s$ ) empirisch zu determinieren, meist nicht vorhanden sind. Aus diesem Grund bedient man sich in der angewandten Analyse der Umweltpolitik zur Festlegung der Höhe von Emissionssteuern oder des Umfangs anderer Maßnahmen einer theoretisch weniger anspruchsvollen Methode, die im Folgenden dargestellt wird und auf der u.a. auch die Analysen des „Stern Reports“ (STERN, 2007) basieren.

### Effiziente vs. optimale Klimaschutzpolitik und -maßnahmen

Eine Verringerung der Emission von Treibhausgasen hat im Allgemeinen einen Verbrauch von volkswirtschaftlichen Ressourcen zur Folge und verursacht aus gesamtwirtschaftlicher Sicht daher Kosten. So würde etwa eine Abdeckung einer offenen Lagerung von Wirtschaftsdünger, die die lagerungsbedingten Emissionen bis zum Ausbringen auf das Feld verringert, Kosten verursachen. Gleichzeitig resultiert eine Reduzierung von Treibhausgasen in volkswirtschaftlichen Nutzen. Eine effiziente – im Gegensatz zu einer optimalen

– Klimaschutzpolitik muss daher darauf abzielen, die Emission von Treibhausgasen so weit einzuschränken, bis die so genannten sozialen Vermeidungskosten, d.h. die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten zur Verminderung des Ausstoßes einer Tonne im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent (im Beispiel etwa die Kosten zur Abdeckung einer offenen Lagerung) – auch Grenzvermeidungskosten (MK) genannt –, den dadurch verursachten zusätzlichen volkswirtschaftlichen Nutzen (im Beispiel etwa die daraus resultierende Mitigation) – auch als Grenznutzen (MN) bezeichnet – gleichen. Dies ist graphisch in Abbildung 4.2 dargestellt.

### Graphische Darstellung und theoretische Erklärung einer effizienten Klimaschutzpolitik



**Abbildung 4.2:**  
Gesamtwirtschaftlich effiziente Verringerung von Klimagasemissionen

Auf der horizontalen Achse ist die Emission von Treibhausgasen (M) im CO<sub>2</sub>-Äquivalent abgetragen. Auf der vertikalen Achse sind im oberen Teil die gesamtwirtschaftlichen Nutzen (N) und gesamtwirtschaftlichen Kosten (K) der Treibhausgasemissionen sowie im unteren Teil der Abbildung deren Veränderungen bei Veränderung der Emissionen um eine Einheit, also die im vorhergehenden Absatz dargelegten Grenzvermeidungskosten (MN) bzw. der Grenznutzen (MK), dargestellt.

Die vertikale Differenz zwischen Grenznutzen (MN) und Grenzvermeidungskosten (MK) stellt den gesamtwirtschaftlichen Nettonutzen bei alternativen Emissionsniveaus dar. Es sei das anfängliche Emissionsniveau ( $M_0$ ), das sich bei rein privatwirtschaftlicher Kalkulation ergibt. Dabei wird sofort deutlich, dass die zusätzlichen Kosten einer Tonne im CO<sub>2</sub>-Äquivalent den zusätzlichen Nutzen übersteigen. Eine Reduktion der Emissionen hat daher eine Zunahme des gesamtwirtschaftlichen Nettonutzens zur Folge. Dabei nimmt der Nettonutzen zu, und zwar bis die vertikale Differenz zwischen gesamtwirtschaftlichen Nutzen (N) und gesamtwirtschaftlichen Kosten (K) ein Maximum erreicht. Dies ist im Schnittpunkt von Grenznutzen (MN) und Grenzvermeidungskosten (MK) im unteren Teil von Abbildung 4.2 bei dem resultierenden Emissionsniveau ( $M_1$ ) der Fall. Daher repräsentiert der Abstand zwischen dem anfänglichen Emissionsniveau ( $M_0$ ) und dem resultierenden Emissionsniveau ( $M_1$ ), hier ( $\Delta M$ ), die gesamtwirtschaftlich effiziente Mitigation von Treibhausgasen. Bei dem resultierenden Emissionsniveau ( $M_1$ ) wird die Summe aus den Kosten der Treibhausgasemissionen und den Mitigationskosten ein Minimum.

Die gesamtgesellschaftlich effiziente Mitigation ( $\Delta M$ ) stellt daher die theoretisch korrekte Zielgröße für die Verringerung der Emissionen dar. Diese kann mit den genannten Instrumenten bei richtiger Dosierung im Prinzip realisiert werden.

***Kriterien für die Wahl des Instrumenteneinsatzes sind Effizienz, Flexibilität und Verteilungswirkung***

Welches Instrument hierfür aus gesamtwirtschaftlicher Sicht am besten geeignet ist, hängt von einer Reihe von Faktoren ab, die im Folgenden aufgeführt sind:

- (Kosten-)Effizienz ist im Allgemeinen das zentrale Argument für die Auswahl eines Instruments. Dabei wird nach dem Instrument oder der Instrumentenkombination gesucht, die das Mitigationsziel zu den geringsten Kosten erreicht. Effizienz beinhaltet

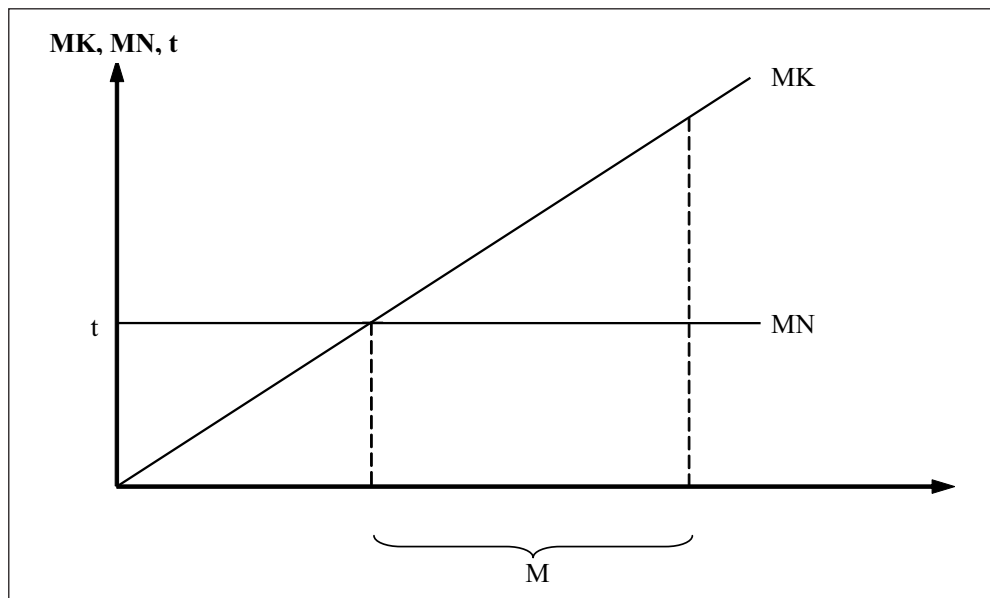
u.a., dass die marginalen gesamtwirtschaftlichen Mitigationskosten über alle betroffenen Wirtschaftssubjekte gleich hoch sind. Dies gilt über alle Wirtschaftsbereiche hinweg und bei globalen Umweltproblemen, wie dem Klimaschutz, auch über alle Länder hinweg. Da im Allgemeinen die Mitigationskosten zwischen individuellen Emittenten unterschiedlich hoch sind, impliziert das Prinzip der Effizienz, dass diejenigen Wirtschaftssubjekte ihre Emissionen stärker einschränken, bei denen dieses geringere Kosten verursacht als diejenigen mit höheren Kosten der Mitigation.

- Zur Effizienz gehört auch, die administrativen Kosten zu beachten, die mit einem Mitigationsinstrument verbunden sind. Wie unten noch auszuführen sein wird, können diese je nach eingesetztem Instrument, produktionstechnischen und anderen Charakteristika sehr unterschiedlich sein.
- Dynamische Effizienz weist ein Instrument auf, das einen dauerhaften Druck zur Verringerung von Emissionen ausübt und nicht nur einen einmaligen oder kurzfristigen Effekt zeitigt.
- Flexibilität ist wichtig, denn ein Instrument muss sich flexibel an neue Informationen oder Situationen anpassen lassen. Außerdem sollen die gesamtwirtschaftlichen Verluste gering sein, wenn das Instrument bei inkorrekt er Information eingesetzt wird. Beides ist natürlich auch deshalb wichtig, weil die Entscheidungen über die aus gesamtwirtschaftlicher Sicht effizienten Verringerungen der Emissionen von Treibhausgasen in der Praxis unter unvollkommener Information getroffen werden müssen und daher das Niveau des Instrumenteneinsatzes nicht nur bei veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen oder neuen Technologien, sondern auch bei neuen Informationen über die Nutzen und Kosten angepasst werden kann.
- Verteilungswirkung beinhaltet die Beurteilung der Verteilungseffekte eines Instruments. Diese hängen von den Instrumenten, der Ausgestaltung der Instrumente und anderen Variablen ab. Generalisierbare Aussagen sind daher nicht möglich. Vielmehr müssen die Verteilungswirkungen im Einzelfall analysiert werden.

## 4.2.2 Emissionssteuer und -subvention

Gegenstand der Besteuerung sind die Emissionen auf individueller Basis. Um die gesamtwirtschaftlich effiziente Höhe der Steuer und damit der Emissionen festlegen zu können, muss bekannt sein, wie hoch die zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten einer Ver-

ringerung der Emissionen sind und wie hoch der aus der Reduzierung resultierende gesamtwirtschaftliche Nutzen ist; d. h., es müssen die Grenzvermeidungskostenfunktion (MK) und die Grenznutzenfunktion der Vermeidung (MN) bekannt sein (Abbildung 4.3).



**Abbildung 4.3:**  
Gesamtwirtschaftlich effiziente  
Höhe einer Emissionssteuer

### **Zur Effizienz und dynamischen Effizienz**

Ohne Emissionssteuer sei die Produktion gerade so hoch, dass anfängliche Emissionen ( $M_0$ ) freigesetzt werden. Für die Produzenten gibt es in dieser Situation keinerlei ökonomischen Anlass, Produktion und/oder Emissionen einzuschränken. Durch eine Steuer auf jede Einheit an Emission (z.B. im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent), die gerade dem gesamtwirtschaftlichen Grenznutzen (MN) der Vermeidung entspricht (in Abbildung 4.3 entspricht das einer Steuer ( $t$ )), wird erreicht, dass die Emissionen auf das gesamtwirtschaftlich effiziente Emissionsniveau ( $M_1$ ) reduziert werden. Für jedes Unternehmen gilt, dass die Emissionen zurückgeführt werden, bis die individuellen zusätzlichen Kosten der Vermeidung sich gleichen und damit dem Grenznutzen derselben entsprechen. Daher sind Steuern unter diesen Bedingungen effizient, und zwar sowohl aus Kostensicht als auch unter dynamischen Gesichtspunkten.

### **Zur Flexibilität**

Der resultierende Mitigationseffekt ist zudem nachhaltig, denn der Steuersatz kann neuen ökonomischen Situationen, Technologien und Informationen jederzeit flexibel angepasst werden.

### **Zur Verteilungswirkung**

Ganz offensichtlich kommt es bei einer Emissionssteuer zu einer Umverteilung zulasten der Unternehmen

und zugunsten des Staates. In dem Ausmaß, in dem dieser Effekt die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen verringert und/oder er sich negativ auf Standortentscheidungen von Unternehmen auswirkt, kann eine Kompensation erfolgen, wenngleich darauf zu achten ist, dass die Kompensation nicht zu einer Aufhebung der steuernden Wirkung der Emissionssteuer führt. Es sollten vielmehr zielgerichtet klimafreundliche Produktionsmethoden in der Landwirtschaft gefördert werden.

### **Emissionssubvention vs. Emissionssteuer**

In diesem Zusammenhang darf nicht unerwähnt bleiben, dass eine Subvention nichts anderes ist als eine negative Steuer. Durch eine Subvention der Produzenten in Höhe der zusätzlichen Kosten der Vermeidung für die Reduktion der Emissionen kann im Prinzip der gleiche und ebenfalls effiziente Mitigationseffekt erreicht werden wie mit einer Emissionssteuer. Diese hätte dann eine Umverteilung vom Staat an die Unternehmen zur Folge. Natürlich ist auch eine Kombination beider Instrumente möglich (z.B. USEPA, 2005). Ein Beispiel wäre die Erhebung einer Steuer auf den Stickstoffeintrag sowie die Subvention der Biogasproduktion für die Verwendung von Wirtschaftsdünger, z.B. über einzelbetriebliche Investitionsmaßnahmen.

### 4.2.3 Handelbare Emissionsrechte

Hierbei wird staatlicherseits eine Obergrenze für die insgesamt erlaubte Emissionsmenge festgesetzt. Diese sollte im Idealfall der gesamtwirtschaftlich effizienten Emissionsmenge ( $M_1$ ) in Abbildung 4.2 entsprechen. Die Emissionsrechte werden seitens des Staates versteigert oder auf andere Weise verteilt. Emissionen dürfen dann von individuellen Wirtschaftssubjekten nur innerhalb der individuell verfügbaren Rechte ausgestoßen werden. Die vorhandenen Emissionsrechte sind frei handelbar.

#### *Zur Effizienz*

Solche handelbaren Emissionsrechte sind im Prinzip ebenfalls ein effizientes Instrument. Sollen die handelbaren Emissionsrechte überhaupt eine Wirkung haben, muss ihre Summe geringer sein als die Summe aller tatsächlichen Emissionen, die also bislang ohne diese staatliche Intervention freigesetzt werden. Das bedeutet, dass die Emissionsrechte knapp sind. Es bildet sich daher für sie ein Preis am Markt. Dabei bieten diejenigen Wirtschaftssubjekte Emissionsrechte an, bei denen die Kosten der Reduktion der Emissionen geringer sind als der am Markt erzielbare Preis für die handelbaren Emissionsrechte. Demgegenüber treten am Markt diejenigen Wirtschaftssubjekte als Nachfrager nach Emissionsrechten auf, deren Vermeidungskosten höher sind als der am Markt zu bezahlende Preis für die handelbaren Emissionsrechte. Dies bedeutet ganz offensichtlich, dass bei einem gegebenen gesamtwirtschaftlichen Nutzen der Reduktion von Emissionen die Vermeidungskosten ein Minimum werden. Das System der Emissionsrechte ist daher effizient.

Der Grund hierfür ist letztendlich, dass im Gleichgewicht auf dem Markt für handelbare Emissionsrechte die individuellen zusätzlichen Kosten der Vermeidung für alle Marktteilnehmer die gleiche Höhe aufweisen und dem Gleichgewichtspreis für ein Emissionsrecht entsprechen. Dies ist auch der Grund dafür, dass für eine effiziente Politik zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen alle Wirtschaftsbereiche einbezogen werden müssen; und in offenen Volkswirtschaften mit grenzüberschreitenden Emissionen müssten dann auch alle Länder daran partizipieren. Wenn dies nicht der Fall ist, sind die gesamtwirtschaftlichen Kosten einer gegebenen Emissionsverminderung höher als sie sein müssten.

Für das Funktionieren eines Emissionshandels müssen zumindest zwei zentrale Bedingungen erfüllt sein:

- Zum einen muss es möglich sein, die institutionellen Voraussetzungen für einen funktionsfähigen Emissionshandel zu schaffen.
- Die andere Voraussetzung für die Effizienz eines solchen Systems handelbarer Emissionsrechte ist, dass die Einhaltung des Systems zu akzeptablen Kosten überprüft werden kann.

#### *Zur dynamischen Effizienz*

Auch aus dynamischer Sicht ist ein System handelbarer Emissionsrechte ganz offensichtlich effizient. Solange die Rechte knapp bleiben, besteht auch ein dauerhafter Druck zur Verminderung von Emissionen.

#### *Zur Flexibilität*

Darüber hinaus können handelbare Emissionsrechte flexibel an neue Informationen oder Rahmenbedingungen angepasst werden. Ähnliches gilt, wenn durch neue Technologien die tatsächlichen Emissionen geringer werden als die Summe aller Rechte.

#### *Zur Verteilungswirkung*

Die Verteilungswirkungen hängen ab vom Preis und von den ursprünglichen Emissionsrechten. Allerdings weist die ursprüngliche Allokation der Emissionsrechte bei der Einführung des Systems charakteristische Verteilungseffekte auf:

- Werden die Emissionsrechte von der Politik versteigert, bildet sich auf diese Weise ein Marktpreis für die Rechte. Dies führt zu einem Transfer von den betroffenen Unternehmen an den Staat. Die Verteilung verändert sich zugunsten des Staates und zuungunsten der betroffenen Unternehmen.
- Werden alternativ die Emissionsrechte durch den Staat ursprünglich zum Preis von null verteilt, so muss staatlicherseits auch festgelegt werden, nach welchen Kriterien die ursprüngliche Allokation der Emissionsrechte erfolgen soll. Je nach gewählten Kriterien ergeben sich dann unterschiedliche Verteilungswirkungen.

#### *Unerwünschte internationale Verteilungseffekte ...*

Wenn nicht alle Länder ein vergleichbares System handelbarer Emissionsrechte einführen, was ja, wie gerade diskutiert, eine Voraussetzung für Effizienz ist, führt dies unter sonst gleichen Bedingungen auch zu einer Verringerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in Ländern mit restriktiver Emissionspolitik. Dies wiederum verschlechtert die Verteilung zuungunsten der heimischen Unternehmen und zugunsten von Ländern mit wenig restriktiver

Mitigationspolitik. Wenn dieser Umverteilungseffekt ausgeprägt genug ist, kann dies auch zur Wanderung von Unternehmen in Richtung auf Länder mit weniger restriktiver Emissionspolitik führen, was natürlich den erwünschten Klimateffekt verringert.

U.U. kann sich hierdurch sogar die beabsichtigte Umweltwirkung umkehren, und die Emissionen insgesamt können zunehmen. Eine Standortverlagerung ist indes nicht nur bei diesem Instrument möglich. Sie kann sich immer dann einstellen, wenn die heimischen Produzenten durch Klimaschutzmaßnahmen stärker belastet werden als Produzenten in anderen Ländern.

#### ***... können Kompensationszahlungen sinnvoll werden lassen***

Jedenfalls können bei Auftreten unerwünschter Verteilungseffekte kompensierende Maßnahmen sachgerecht sein. Dies gilt immer dann, wenn andere Länder eine weniger restriktive Klimaschutzpolitik betreiben und die heimische Produktion mit der Produktion dieser Länder im Wettbewerb steht. Kompensation ist sicherlich auch für die politische Akzeptanz restriktiver Klimaschutzpolitik wichtig.

#### **4.2.4 Mengenmäßige Begrenzungen durch administrative Maßnahmen**

Im Gegensatz zu den oben diskutierten Instrumenten zur Reduktion von Emissionen versuchen administrative Maßnahmen das Mitigationsziel nicht durch Preisanreize, sondern direkt zu erreichen, u.a. durch Festlegung von Mengen und oder Technologien. Die Emissionsmengen oder Technologien werden staatlicherseits vorgegeben, und deren Einhaltung muss kontrolliert werden.

#### ***CoCo-Maßnahmen***

Man verwendet daher auch manchmal dafür den so treffenden englischen Ausdruck „command and control“-Maßnahmen (CoCo-Maßnahmen). Im Prinzip können solche CoCo-Maßnahmen überall im Produktionsprozess ansetzen, also bei den Inputs, den Technologien, die in der Produktion Verwendung finden, den produzierten Gütern oder den letztendlich resultierenden Emissionen. Am zielgenauesten ist es im Allgemeinen, dort anzusetzen, wo die Emission entsteht. Dies hat darüber hinaus den Vorteil, dass die Produzenten ansonsten große Flexibilität haben und daher den Produktionsprozess am kostengünstigsten anpassen können. Wenn eine direkte Kontrolle der Emissionen nicht möglich sein

sollte, kann auch an anderen Stellen des Produktionsprozesses mit CoCo-Instrumenten eingegriffen werden.

#### ***Zur Effizienz***

Letztendlich bedeuten CoCo-Maßnahmen nichts anderes, als dass für jede Emissionsquelle eine individuelle Zielvorgabe gemacht wird, die dann natürlich konsistent sein muss mit dem anvisierten Mitigationsziel. Da in der Wirtschaftswirklichkeit die zusätzlichen Kosten der Vermeidung von Emissionen an jeder Emissionsquelle nur zu prohibitiv hohen Kosten ermittelt werden können, müssen in der Praxis normierte, individuelle Emissionsrechte zugewiesen werden. Der entscheidende Nachteil von CoCo-Instrumenten ist dabei, dass die zusätzlichen Vermeidungskosten dann naturgemäß nicht identisch für alle Emissionsquellen die gleiche Höhe aufweisen. CoCo-Maßnahmen sind daher nicht effizient und nur dann sinnvoll, wenn andere Maßnahmen nicht implementiert werden können. Voraussetzung für das Funktionieren von CoCo-Maßnahmen ist natürlich auch, dass die Einhaltung der Emissionsnormen nicht prohibitiv hohe Kontrollkosten seitens des Staates verursacht.

#### ***Zur dynamischen Effizienz und Flexibilität***

Aus offensichtlichen Gründen sind CoCo-Maßnahmen dynamisch effizient, da sie nachhaltig die Emissionen verringern. Auf mengenmäßige Änderungen des Mitigationsziels kann mit CoCo-Maßnahmen im Grunde genau so schnell und flexibel reagiert werden wie mit den anderen Instrumenten. Bei technologischen Normen ist dies allerdings nicht der Fall, da diese im Allgemeinen mit Kapitalinvestitionen einhergehen.

#### ***Zur Verteilungswirkung***

Verallgemeinernde Aussagen über die Verteilungswirkungen sind für CoCo-Maßnahmen nicht möglich, außer dass den Unternehmen Kosten entstehen, die Anlass geben können zu Kompensation, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und um Standortverlagerungen von Produktionsstätten in Länder mit weniger strikten Klimaschutzmaßnahmen zu vermeiden.

#### **4.2.5 Institutionelle Ansätze**

Für eine effiziente Mitigationspolitik müssen Grenznutzen und Grenzkosten der Emissionsreduktion nicht nur für alle Wirtschaftssubjekte eines Landes die gleiche Höhe aufweisen, sondern dies muss auch über alle Länder hinweg gelten. Dies kann auf friedliche Weise nur durch internationale Kooperation geschehen (z.B. VON



WITZKE und LIVINGSTON, 1990a, b; STERN, 2007).

Einseitige nationale Mitigationsmaßnahmen haben in offenen Volkswirtschaften mit internationaler Faktormobilität, wie schon erwähnt, eine Reihe von Nachteilen:

- Das Weltklima stellt ein globales öffentliches Gut dar. Kein Land kann allein ein solches Gut in hinreichendem Umfang bereitstellen.
- Unilaterale Mitigationsmaßnahmen haben den sogenannten first mover advantage. Unternehmen können durch schnelles Handeln einen Wettbewerbsvorteil am Markt erzielen. Auf der anderen Seite können sie aber auch die heimischen Produzenten gegenüber den ausländischen Produzenten belasten, was deren internationale Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigen kann.
- Wie bereits diskutiert, können solche Maßnahmen einen ökonomischen Anreiz für die Abwanderung der Produktion in Länder mit weniger strikten Klimaschutzmaßnahmen schaffen.

Eine theoretische Möglichkeit, den Wettbewerbseffekt für die heimischen Produzenten abzumildern oder zu beseitigen und gleichzeitig ökonomische Anreize für andere Länder für eine Kooperationsbereitschaft im internationalen Klimaschutz zu schaffen, besteht darin, die heimischen Produzenten zu kompensieren, etwa durch Subventionen oder handelspolitische Maßnahmen, wie Importzölle oder Exportsubventionen. Allerdings wären solche Maßnahmen nicht kompatibel mit den Regeln der Welthandelsorganisation WTO. Gegebenenfalls zu ergreifende Kompensationsmaßnahmen müssen derart ausgestaltet werden, dass sie nicht im Konflikt mit internationalen Handelsregeln stehen (z. B. MÖCKEL, 2006).

Werden Mitigationsmaßnahmen auf EU-Ebene eingeführt, relativiert sich die Notwendigkeit von Kompensationsmaßnahmen. Die EU besteht mittlerweile aus 27 Mitgliedstaaten mit fast 500 Mio. Einwohnern (EUROSTAT, 2005). Der weitaus größte Teil des internationalen Agrarhandels der Mitgliedstaaten der EU besteht im Handel untereinander (EUROSTAT, 2007). Innerhalb der EU abgestimmte Mitigationsmaßnahmen haben daher tendenziell eine weniger ausgeprägte Umverteilung zulasten der heimischen Produzenten zur Folge als wenn ein einzelner EU-Mitgliedstaat dies unabhängig von anderen Ländern täte.

## 4.3 Fazit

### *Effizienz macht den Unterschied*

Der entscheidende systematische Unterschied in den hier analysierten Instrumenten zur Reduktion von Emissionen liegt in deren Effizienz. Wie gezeigt wurde, können sowohl handelbare Emissionsrechte als auch Emissionssteuern bzw. -subventionen effiziente Instrumente zu Erreichung von Emissionszielen sein. CoCo-Instrumente sind dagegen nicht notwendigerweise effizient. In der Regel werden sie es nicht sein. CoCo-Instrumente werden daher nur dann sinnvoll einsetzbar, wenn handelbare Emissionsrechte oder Emissionssteuern nicht implementierbar sind.

### *Kurz-, Mittel- und Langfristeffekt*

Anreizbasierte klimapolitische Instrumente schaffen einen Preis für Emissionen, der von den Emittenten zu zahlen ist. Sie wirken auf dreierlei Weise:

- (i) Sie verteuern die Produktion bei gegebener Technologie. Dadurch sinkt die Produktion und die Emissionen gehen zurück. Dies ist der Kurzfristeffekt.
- (ii) Bereits vorhandene, aber bisher nicht eingesetzte, Emissionen mindernde Technologien werden gegenüber den herkömmlichen aus einzelwirtschaftlicher Sicht lohnenswerter und ersetzen die herkömmlichen Technologien. Hierdurch wird eine weitere Reduktion der Emissionen erreicht. Dies ist der mittelfristige Effekt.
- (iii) Sie schaffen einen Anreiz für Forschung und Investitionen in neue und Emissionen mindernde Technologien. Dies ist der langfristige Effekt.

### *Administrative Kosten sind bei der Implementierung zu beachten*

Zur Beurteilung der Effizienz einer Maßnahme sind natürlich auch die administrativen Kosten für die Implementierung, Durchführung und Kontrolle von Mitigationsinstrumenten zu quantifizieren. Die administrativen Kosten individueller mengenmäßiger Mitigationsziele für CoCo-Maßnahmen dürften im Allgemeinen am höchsten von allen hier diskutierten Instrumenten sein. Technologische Standards haben dagegen meist recht geringe administrative Kosten zur Folge, was ihre Popularität seitens der praktischen Politik erklären mag. Die administrativen Kosten von handelbaren Emissionsrechten sowie -steuern bzw. -subventionen hängen von individuellen Charakteristika ab und werden noch weiter unten für Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) diskutiert.

Generell lässt sich feststellen, dass Steuern oft relativ problemlos implementiert und administriert werden können, nämlich dann, wenn eine leicht zu identifizierende Ansatzstelle für ihre Erhebung existiert. Handelbare Emissionsrechte erfordern die Entwicklung und Implementierung von geeigneten Institutionen. Die Einführung eines funktionsfähigen Systems handelbarer Emissionsrechte dürfte daher im Allgemeinen zeit- aufwendiger sein als das von Steuern und auch mehr politische Ressourcen erfordern. Dies zeigt auch die Erfahrung mit dem EU Emissionshandelssystem, das ja mit beachtlichen Anlaufschwierigkeiten zu kämpfen hatte und auch noch immer hat.

### ***Besonderer Vorteile handelbarer Emissionsrechte***

Handelbare Emissionsrechte, wenn sie für alle Wirtschaftssubjekte eingeführt werden, stellen indes immer sicher, dass in allen Wirtschaftsbereichen, Regionen und Ländern die zusätzlichen Kosten der Vermeidung von Emissionen gleich hoch sind. Dies ist nicht notwendigerweise der Fall, wenn für einige Wirtschaftssubjekte eine Steuer angewandt wird und für andere handelbare Emissionsrechte.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass mit handelbaren Emissionsrechten, sofern deren Einhaltung kontrollierbar ist, immer der gewünschte Mitigationseffekt erreicht wird, eben weil die Menge der Emissionen direkt festgesetzt wird. Bei Emissionssteuern oder -subventionen ist dies nur dann der Fall, wenn hinreichend bekannt ist, wie stark sich die Emissionen bei alternativen Steuer- oder Subventionssätzen verändern (PHIPPS und HALL, 1994).

### ***Nachhaltigkeit und Verteilungseffekte des Instrumenteneinsatzes***

Alle hier analysierten Instrumente sind in ihrer Wirkung nachhaltig. Mit Ausnahme der technologischen Normen können alle Instrumente flexibel an sich ändernde Bedingungen angepasst werden. Die Verteilungseffekte hängen auch von der Ausgestaltung der Instrumente ab. Allerdings sind die internationalen Verteilungseffekte und die daraus resultierenden internationalen Allokationseffekte bei allen Instrumenten im Prinzip gleich. Die Produzenten in Ländern mit strikten Mitigationszielen verlieren zugunsten von Produzenten in Ländern mit weniger strikten Mitigationszielen.

### ***Zur Relevanz von Kompensationszahlungen***

Für die politische Akzeptanz von strikten nationalen Mitigationsmaßnahmen können Kompensationsmechanismen sachgerecht erscheinen, um zu vermeiden,

dass die internationale Wettbewerbsfähigkeit negativ betroffen wird und die Produktion in Länder oder Regionen mit geringeren Klimaschutzstandards abwandert. Kompensationsmaßnahmen sind indes überflüssig, wenn es gelingt, sich auf internationale Abkommen zur gemeinsamen Reduktion der Emissionen aller Länder zu einigen. Dies gilt in geringerem Maße auch für den Fall, dass auf europäischer Ebene Reduktionsziele für die Landwirtschaft vereinbart werden. Auch hier relativiert sich die Notwendigkeit von Kompensationsmaßnahmen, da die EU mittlerweile aus 27 Mitgliedstaaten mit fast 500 Mio. Einwohnern besteht (EUROSTAT, 2005) und der weitaus größte Teil des internationalen Agrarhandels der Mitgliedstaaten der EU im Handel untereinander besteht (EUROSTAT, 2007).

## 5 Handlungsempfehlungen für eine landwirtschaftliche Klimaschutzpolitik

### 5.1 Zielgrößen für die Reduktion von Methan- und Lachgasemissionen in der deutschen Landwirtschaft

#### *Entscheidungsfindung bei unzureichender Informationslage*

In ökonomischen Analysen von Umweltmaßnahmen wird die gesamtwirtschaftliche Effizienz meist als das zentrale Kriterium zur Beurteilung herangezogen. Wie die Diskussion in den Kapiteln 2 und 4 bereits hat deutlich werden lassen, sind in der Praxis viele der für die Bestimmung einer optimalen oder einer effizienten Maßnahme der Klimapolitik in Bezug auf landwirtschaftliche Treibhausgasemissionen relevanten Informationen nicht verfügbar, etwa die genauen sozialen Zusatzkosten oder der Zusatznutzen je Einheit weniger emittierten Treibhausgases. Dies gilt nicht nur für die deutsche Landwirtschaft, sondern auch für die in anderen Ländern (z.B. RIBAUDO und WEINBERG, 2006; AILLERY et al., 2005). Die Alternative zu einem suboptimalen Niveau des Instrumenteneinsatzes besteht darin, gar nichts zu tun. Dies löst aber ganz offensichtlich keines der Klimaprobleme. Daher müssen Entscheidungen getroffen werden, noch ehe alle Informationen verfügbar sind, die es erlauben würden, ein gesamtwirtschaftlich effizientes Mitigationsziel festzulegen.

In der angewandten umweltpolitischen Analyse ebenso wie in der praktischen Klimaschutzpolitik ist man daher gezwungen, pragmatisch vorzugehen. Außerdem ist Effizienz auch nur eines von mehreren politischen Zielen. Aus diesem Grund wurden ja für die Beurteilung alternativer Mitigationsinstrumente bereits mehrere Kriterien zugrunde gelegt. Auch für die politische Akzeptanz einer Maßnahme ist nicht nur die gesamtwirtschaftliche Effizienz relevant, sondern auch andere Effekte, wie etwa die Verteilungswirkungen, sind von Bedeutung.

#### *Politische Zielgrößen und Zielgröße der weiteren Analyse*

Wie bereits diskutiert hat sich Deutschland zusammen mit den anderen Mitgliedstaaten der EU u.a. dazu verpflichtet, die Emissionen von Treibhausgasen bis 2020 gegenüber 1990 um 30% zu verringern, vorausgesetzt andere Länder handeln ähnlich. Die jüngste Initiative der Bundesregierung hat sogar 40% als Ziel anvisiert (BMU, 2007) und der G-8 Gipfel in Heiligendamm im Juni 2007 gar 50% bis 2050.

Wir schlagen für die weitere Analyse vor, die deutsche Landwirtschaft proportional am Mitigationsziel der EU zu beteiligen, weil die für die Landwirtschaft maßgeblichen politischen Weichenstellungen nur im Europäischen Kontext getroffen werden können. Daher sollte das Mitigationsziel von derzeit 30% bis 2020 auch für die Landwirtschaft gelten. Das Niveau des Instrumenteneinsatzes ist dabei schrittweise vorzunehmen, bis das Mitigationsziel für 2020 erreicht ist. Falls im Zeitablauf anspruchsvollere allgemeine Klimaschutzziele rechtsverbindlich erreicht werden sollten, können diese sinngemäß auch auf die Landwirtschaft angewandt werden.

#### *Ausgangsniveaus für Treibhausgasemissionen für weitere Mitigationen*

Das Ziel, die Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft bis 2020 um 30% gegenüber 1990 zu verringern, erscheint auch ohne größere wirtschaftliche Probleme für den Sektor erreichbar. Bis 2004 betrug der Rückgang der Emissionen gemäß Abbildung 5.1 gegenüber 1990 je nach Kategorie bereits zwischen etwa 12% und 31%. Dabei lag, wie Abbildung 5.2 noch einmal zeigt, der Rückgang der Treibhausgasemissionen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent in diesem Zeitraum bei 18%. Einen weiteren Rückgang der Emissionen auf 30% zu erreichen, bedeutet demnach, zwischen 2004 und 2020 noch einmal 9,4 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent einzusparen, nachdem zwischen 1990 und 2004 bereits 14,2 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent weniger emittiert wurden.

Hinsichtlich der für die Landwirtschaft vorgeschlagenen Zielgröße ist zu beachten, dass diese nicht dem Kriterium der Effizienz entspricht, sondern pragmatisch festgelegt wurde. Dies gilt im Übrigen ja auch für das globale Mitigationsziel, das sich die EU gesetzt hat; denn für die Festlegung eines aus gesamtwirtschaftlicher Sicht effizienten Mitigationsziels für die EU insgesamt oder die Landwirtschaft existieren, wie bereits diskutiert, bislang noch keine hinreichenden Informationen.

Klimagas und -quelle	1990	2004	2004:1990 (in %)
CH <sub>4</sub> -Tierhaltung Enterische Fermentation (v.a. Pansengärung)	1158,0	882,1	-23,8
CH <sub>4</sub> -Tierhaltung Wirtschaftsdünger	289,0	248,0	-14,2
N <sub>2</sub> O-Tierhaltung Wirtschaftsdünger	13,3	9,2	-30,8
N <sub>2</sub> O-Pflanzenbau Gedüngte Kulturen	84,6	74,3	-12,2
N <sub>2</sub> O-Pflanzenbau Ungedüngte Kulturen	58,4	48,4	-17,1

**Abbildung 5.1:** Reduzierung der Methan- und Lachgasemission der deutschen Landwirtschaft, 1990 und 2004 (in 1.000 t)  
Quelle: Eigene Darstellung nach DÄMMGEN (2006a)

### **Schrittweise Anpassungen des Mitigationsniveaus sinnvoll**

Im Zuge der graduellen Erhöhung des Mitigationsniveaus wird man indes die daraus resultierenden Anpassungsreaktionen der Landwirtschaft beobachten und hieraus die erforderlichen Informationen erhalten bzw. ableiten können.

Ein solches schrittweises Vorgehen erscheint aber auch deshalb sinnvoll, weil der Landwirtschaft auf diese Weise hinreichend Zeit gegeben wird, sich an die neue Politik anzupassen. Weiter unten werden Instrumente zur Erreichung dieses Ziels vorgeschlagen, die sich dadurch auszeichnen, dass sie flexibel an neue Informationen oder sich ändernde Rahmenbedingungen angepasst werden können und die daher auch für die vorgeschlagene schrittweise Verringerung der landwirtschaftlichen Emissionen an Treibhausgasen geeignet sind.

### **Kombination von Mitigationszielen**

Das Mitigationsziel (MZ) kann durch unterschiedliche Kombinationen der Emissionen der Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) erreicht werden, und zwar entsprechend der folgenden Formel, wobei CO<sub>2</sub>e

Klimagas und -quelle	1990	2004	2004:1990 (in %)	Ziel 2020
CH <sub>4</sub> aus Tierhaltung Enterische Fermentation (v.a. Pansengärung)	24,3	18,5	-23,8	17,0
CH <sub>4</sub> aus Tierhaltung Wirtschaftsdünger	6,1	5,2	-14,2	4,2
N <sub>2</sub> O aus Tierhaltung Wirtschaftsdünger	4,1	2,9	-30,8	2,9
N <sub>2</sub> O aus Pflanzenbau Gedüngte Kulturen	26,2	23,0	-12,2	18,4
N <sub>2</sub> O aus Pflanzenbau Ungedüngte Kulturen	18,1	15,0	-17,1	12,7
<b>Insgesamt</b>	<b>78,8</b>	<b>64,6</b>	<b>-18,0</b>	<b>55,2</b>

**Abbildung 5.2:** Methan- und Lachgasemission, 1990 und 2004, und 30%-Mitigationsziel 2020 der deutschen Landwirtschaft (in Mio. t im CO<sub>2</sub>-Äquivalent).  
Quelle: Eigene Berechnungen nach DÄMMGEN (2006a).

für CO<sub>2</sub>-Äquivalent und Tg für Teragramm, d.h. eine Megatonne<sup>14</sup>, steht:

$$(5.1) \quad MZ (\text{Tg CO}_2\text{e}) = 21 \cdot \text{CH}_4 (\text{Tg}) + 310 \cdot \text{N}_2\text{O} (\text{Tg})$$

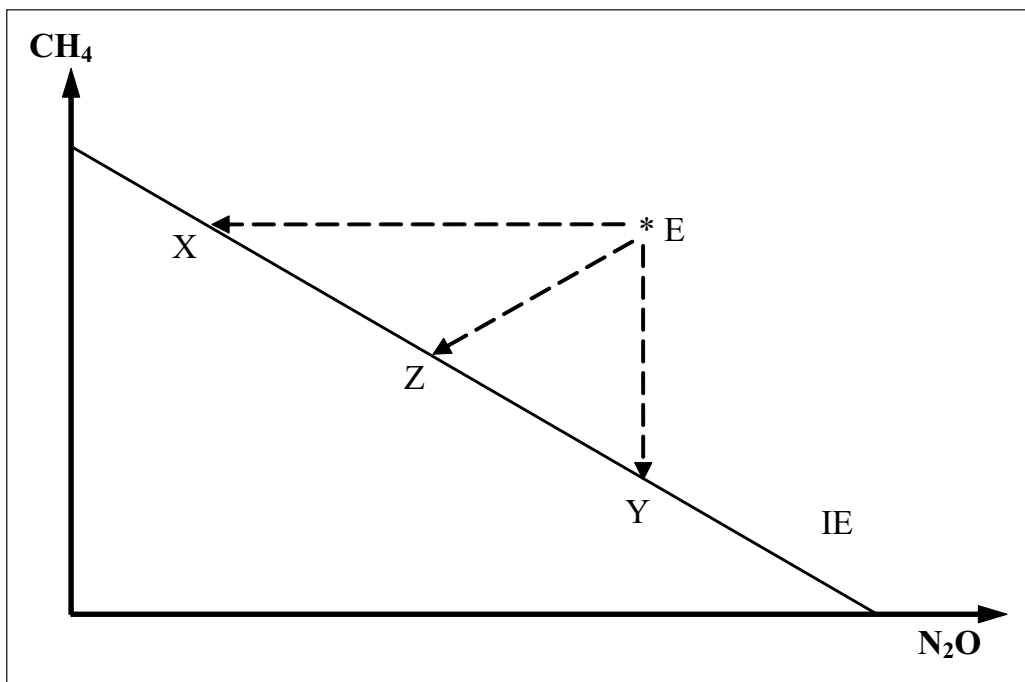
Das entspricht:

$$(5.2) \quad MZ (\text{Tg CO}_2\text{e}) = \text{CH}_4 (\text{Tg CO}_2\text{e}) + \text{N}_2\text{O} (\text{Tg CO}_2\text{e})$$

Die Gleichungen 5.1 bzw. 5.2 können graphisch veranschaulicht werden, wie mit der nachfolgenden Abbildung 5.3 geschehen.

Dort ist auf der horizontalen Achse die Lachgasemission und auf der vertikalen Achse die Methanemission abgetragen. Mit (IE) bezeichnet ist dann die Isoemissionsgerade des Mitigationsziels (MZ). Die Isoemissionsgerade (IE) stellt den geometrischen Ort aller Kombinationen von Methan- und Lachgasemissionen dar, die das Mitigationsziel, im CO<sub>2</sub>-Äquivalent ausgedrückt, erfüllen. Setzt man die Lachgasemissionen gleich null, so erhält man den Schnittpunkt mit der Methanemissionsachse als MZ/21. Analog dazu ergibt sich der Schnittpunkt der Isoemissionsgeraden (IE) mit der Lachgasemissionsachse als MZ/310, indem die Emission von Methan (CH<sub>4</sub>) gleich null gesetzt wird.

<sup>14</sup> Erinnert sei in diesem Zusammenhang an das unterschiedliche GWP und damit den Klimaeffekt von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) (vgl. auch Abbildung 1.4).



**Abbildung 5.3:**  
Mögliche Kombinationen der Reduktion von Methan und Lachgas zur Erreichung eines in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten festgesetzten Mitigationsziels  
Quelle: Eigene Darstellung

### ***Kombinationen anspruchsvoller Mitigationszielen befinden sich näher am Koordinatenursprung***

Jeder Punkt unterhalb von IE repräsentiert eine Übererfüllung des Mitigationsziels, jeder Punkt oberhalb von IE eine Untererfüllung. IE liegt also umso näher am Ursprung des Koordinatensystems, je anspruchsvoller das Mitigationsziel ist.

Es seien in Abbildung 5.3 die Emissionen beider Klimagase in der Ausgangssituation durch E charakterisiert. Das Mitigationsziel (MZ) kann dann erreicht werden, durch:

- (i) eine ausschließliche Reduktion von Lachgas (N<sub>2</sub>O) (dies entspricht einer Bewegung von Punkt E nach Punkt X);
- (ii) eine ausschließliche Reduktion von Methan (CH<sub>4</sub>) (dies entspricht einer Bewegung von Punkt E nach Punkt Y); oder
- (iii) einer Kombination der Reduktion beider Treibhausgase (dies entspricht einer Bewegung von Punkt E nach irgendeinem beliebigen Punkt auf der Isoemissionsgeraden (IE) zwischen den Punkten X und Y, wie z. B. Punkt Z).

Wie bereits im Kapitel 4 dieses Berichts diskutiert, steigen die zusätzlichen Kosten jeder weiteren Emissionsreduktion typischerweise mit zunehmendem Mitigationsniveau an. Daher ist eine ausschließlich auf die Verminderung eines der beiden Treibhausgase abzielende Politik nicht sachgerecht, sondern eine Strategie, die auf eine Kombination der Mitigation beider Treibhausgase gerichtet ist. Wenn die zusätzlichen Kosten der Vermeidung von Emissionen für beide Treibhausgase bekannt wären, ließe sich die aus gesamtwirtschaftli-

cher Sicht optimale Kombination der Mitigation beider Treibhausgase vor diesem Hintergrund leicht bestimmen. Dies ist indes, aus den bereits diskutierten Gründen, derzeit noch nicht der Fall.

### ***Kombination von Mitigationszielen kann nicht willkürlich festgelegt werden***

Dennoch ist es möglich und auch notwendig, die Kombination der Mitigation beider Treibhausgase im landwirtschaftlichen Kontext nicht vollkommen willkürlich zu wählen, weil in einigen Fällen, z.B. beim Wirtschaftsdüngermanagement in der Tierhaltung, beide Gase gleichzeitig anfallen können.

In diesem Zusammenhang ist zum einen darauf hinzuweisen, wie es in diesem Bericht bereits verschiedentlich diskutiert worden ist, dass die tatsächlichen landwirtschaftlich bedingten Emissionen von einer Vielzahl von Variablen abhängig sind. Zum anderen ist auch deutlich geworden, dass die Emissionen beider Treibhausgase, z.B. in der Rinderhaltung, aus der ja große Teile der landwirtschaftlichen Emissionen resultieren, miteinander korreliert sind: Weniger Rinder (zur Milch- und/oder Fleischerzeugung) bedeuten unter sonst gleichen Bedingungen weniger Methanemissionen aus Fermentationsprozessen in der Verdauung von Wiederkäuern und aus Wirtschaftsdüngern sowie auch weniger Lachgasemissionen aus Wirtschaftsdüngern. Dies bedeutet, dass die Festlegung von separaten Mitigationszielen für jedes Klimagas nicht sachgerecht ist. Vielmehr ist ein aggregiertes Mitigationsziel im CO<sub>2</sub>-Äquivalent festzulegen.

## 5.2 Global unvollständige Klimaschutzpolitik, internationale Wettbewerbsfähigkeit und internationale Vereinbarungen zum Klimaschutz

### *Nationale vs. internationale Klimaschutzmaßnahmen*

In Kapitel 4 wurde bereits an mehreren Stellen diskutiert, dass einseitige nationale Umweltmaßnahmen die internationale Wettbewerbsfähigkeit reduzieren können. Dies kann zum einen die politische Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen verringern. Die kontroverse Diskussion um die unterschiedlich hohe Besteuerung des in der Landwirtschaft eingesetzten Dieselkraftstoffs innerhalb der EU hat ja bereits deutlich gemacht, wie wichtig dieser Aspekt für die politische Akzeptanz von national unterschiedlichen umweltpolitischen Maßnahmen ist (z.B. DEUTSCHER BUNDESTAG, 2000).

Zum anderen kann dies, wie bereits diskutiert, Standortverlagerungen in der Produktion zur Folge haben, die den erwünschten Klimaeffekt verringern können oder diesen u.U. gar ins Gegenteil verkehren können. Letzteres kann immer dann der Fall sein, wenn am neuen Standort weniger strikte Umweltmaßnahmen angewandt werden als vor der Politikänderung am ursprünglichen Standort (RADULESCU, 2004; PARSCHE et al., 2003; ROUGOOR und VAN DER WEIJDEN, 2001). Auch der „Stern Report“ weist aus diesem Grund auf die Notwendigkeit von internationalen Vereinbarungen hin, die möglichst alle Länder einbeziehen sollten (STERN, 2007; WICKE, 2005; VON WITZKE und LIVINGSTON, 1990a, b). Solange solche Vereinbarungen aber nicht existieren, können Kompensationsmaßnahmen sinnvoll sein.

### *Zur besonderen Problematik und Akzeptanz von Kompensationszahlungen*

Bei Kompensationsmaßnahmen zugunsten der heimischen Landwirtschaft ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese konform sein müssen mit den für den Agrarbereich geltenden internationalen Handelsregeln der WTO (z.B. MÖCKEL, 2006). Zumindest gegenwärtig sind national unterschiedliche Umweltmaßnahmen kein Grund, die heimische Landwirtschaft oder die heimischen Konsumenten vor im Ausland produzierten Gütern zu schützen. Dies bedeutet, dass agrar- und agrarhandelspolitische Instrumente in ihrer Anwendung nicht zwischen heimischer und ausländischer Produktion diskriminieren dürfen.

Welche binnenwirtschaftlichen Maßnahmen in der Landwirtschaft überhaupt eingesetzt werden dürfen, ist

im Abkommen über die Landwirtschaft der so genannten Uruguay-Runde des GATT spezifiziert (z.B. WTO, 2002). Alle Maßnahmen, die Produktion und/oder Konsum und damit die internationalen Handelsströme beeinflussen, gehören zu den Maßnahmen der „amber box“. Diese Maßnahmen sollen nach einem vereinbarten Zeitplan reduziert und irgendwann ganz abgeschafft werden. Maßnahmen der „blue box“ gelten als eigentlich unerwünscht, werden aber unter bestimmten Umständen geduldet (z.B. wenn gleichzeitig produktionsbeschränkende Instrumente eingesetzt werden). Ausdrücklich erlaubt sind alle Maßnahmen der „green box“, die als nicht verzerrend angesehen werden. Hierzu zählen u.a. entkoppelte Direktzahlungen an die Landwirtschaft, die von der Produktion losgelöst sind, sowie öffentliche Investitionen in die Forschung.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die Niedersächsische Regierungskommission zur „Zukunft der Landwirtschaft – Verbraucherorientierung“ (2001) eine Tierschutzsteuer als WTO konform angesehen hat, und zwar, wenn sie sowohl auf inländische Produktion als auch auf Importe erhoben wird, wenn die ausländische Produktion nicht den hohen heimischen Tierschutzstandards entspricht. Analog könnte man eine Klimasteuer erheben, die auf alle Güter erhoben wird, die nicht den erhöhten einheimischen Klimaschutzstandards entsprechen.

Wenn es gelingt, sich innerhalb der EU auf eine gemeinsame landwirtschaftliche Klimaschutzpolitik zu einigen, die Wettbewerbsverzerrungen innerhalb der Gemeinschaft vermeidet, verringert sich natürlich die Notwendigkeit von Kompensationsmaßnahmen. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, stellt ein Großteil des internationalen Agrarhandels der Mitgliedstaaten der EU Handel zwischen diesen dar, so dass nur die Wettbewerbsverzerrungen zwischen der EU einerseits und dem „Rest der Welt“ andererseits zu berücksichtigen wären.

Festzuhalten ist, dass Kompensationen ökonomisch sachgerecht sein können und die politische Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen erhöhen; und es existieren mehrere Instrumente, die zu diesem Zweck zur Verfügung stehen. Diese können allein oder in Kombination miteinander eingesetzt werden.

Bis zu einer internationalen Vereinbarung zur Reduzierung der landwirtschaftlichen Methan- und Lachgasemissionen könnte die Einführung von

Kompensationsmaßnahmen sinnvoll sein. Jegliche Kompensationsmaßnahmen sollten jedoch daraufhin überprüft werden, ob diese erstens nicht zu einer Aufhebung der steuernden Wirkung einer Maßnahme, wie z.B. der Emissionssteuer, führen und zweitens sollten sie zielgerichtet klimafreundliche Produktionsmethoden in der Landwirtschaft fördern, zum Beispiel über den Europäischen Landwirtschaftsfond für die Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER). Zu bedenken gilt ferner, dass einmal eingeführte Kompensationsmaßnahmen schwierig wieder abzuschaffen sind.

### ***Agrarforschung als Kompensationsinstrument***

Eine weitere, sehr zielführende Möglichkeit besteht darin, etwaige durch Mitigationsmaßnahmen verursachte Wettbewerbsnachteile durch verstärkte Investitionen in die Agrarforschung zu kompensieren, und zwar in solche Projekte, die die Klimagasemissionen verringern, die Umweltfreundlichkeit der Landwirtschaft auf andere Weise erhöhen oder die Produktivität der heimischen Landwirtschaft steigern helfen. Ein solches zielgerichtetes Vorgehen hätte im Mindesten noch zwei weitere positive Nebenwirkungen:

- Zum einen würde auf diese Weise ein weiterer Beitrag zur Verringerung von Mangelernährung in der Welt geleistet. Das ambitiöse Ziel der Vereinten Nationen, die Anzahl der mangelernährten Menschen bis 2015 gegenüber 1995 zu halbieren, ist nicht mehr erreichbar. Im Gegenteil, die Anzahl der mangelernährten Menschen nimmt zu (UNITED NATIONS, 2006). Die Importlücke der Entwicklungsländer bei Nahrungsgütern wird sich in den kommenden Jahrzehnten stark erhöhen (BRU-INSMA, 2003). Diese Lücke wird sich nur dann schließen lassen, wenn auch die Industrieländer mehr Nahrungsgüter produzieren und mehr in die Entwicklungsländer exportieren (VON WITZKE, 2007).
- Zum anderen eignet sich die Agrarforschung als Kompensationsinstrument, da sie aus gesamtwirtschaftlicher Sicht außerordentlich profitabel ist (z.B. HAYAMI und RUTTAN, 1985). Dies gilt zumal auch für die Agrarforschung in Deutschland (von WITZKE et al., 2004). Und sie ist so profitabel, weil sie in gesamtwirtschaftlich effizienter Weise die Produktivität der Landwirtschaft erhöht, was wiederum zu einer Stärkung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit führt, worauf auch IPCC (2007) verweist. Dies bedeutet, dass aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ohnehin schon zu wenig in die Agrarforschung investiert wird (RUTTAN, 1980).

### ***Klimaschutzpolitik muss alle Treibhausgase, auch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), beachten***

Dieser Bericht befasst sich zwar mit den landwirtschaftlichen Emissionen der Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Dennoch darf in diesem Zusammenhang Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) nicht unerwähnt gelassen werden. Die Landwirtschaft produziert klimafreundliche Bioenergie. Hierfür wird sie in Deutschland bereits durch Mindestpreise, Beimischungszwänge und ähnliche Maßnahmen kompensiert. Die Produktion von Bioenergie kann daher im Allgemeinen nicht gegen die Emission von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) aufgerechnet werden. Im Weiteren wird noch einmal in einem anderen Kontext auf diese Problematik zurückzukommen sein und argumentiert werden, dass aber die Verwendung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen entsprechend der dadurch erreichten Verringerung der Emissionen auf das Mitigationsziel anrechenbar sein sollte.

Im Zusammenhang mit Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ist auf einen weiteren Aspekt hinzuweisen. Landwirtschaftlich genutzte Flächen entnehmen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Atmosphäre. Dies kann der Landwirtschaft indes nicht vollständig als Beitrag zum Klimaschutz angerechnet werden. Vielmehr müsste dazu der Saldo der Entnahme von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) durch die pflanzliche Produktion und deren alternativer Landnutzung gebildet werden. Für die meisten landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland wäre z.B. Wald die Vegetation bei Abwesenheit der landwirtschaftlichen Nutzung.

## **5.3 Klimapolitische Maßnahmen**

Im Folgenden werden klimapolitische Maßnahmen für eine Reduktion der Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) aus der deutschen Landwirtschaft diskutiert. Dabei werden sowohl agrarmarktpolitische als auch spezifische Klimaschutzpolitische Maßnahmen analysiert.

### **5.3.1 Agrarmarktpolitische Maßnahmen**

#### ***Bereits eingeleitete Reformen***

An dieser Stelle sei zunächst in Ergänzung der Ausführungen im Kapitel 3 gesagt, dass die Agrarmarktpolitik der EU sich in einem anhaltenden Prozess der Reform befindet. Im Zuge dieses Reformprozesses ist diese Politik deutlich liberaler geworden. Auf vielen wichtigen Märkten sind die Garantiepreise für die Produzenten abgeschafft oder zumindest so weit reduziert worden,

dass die Landwirte in normalen Jahren zu Marktpreisen produzieren. Dies gilt etwa für Getreide, Ölsaaten und viele Märkte der tierischen Produktion. Selbst die so stark regulierende Zuckermarktordnung wird in der Zukunft deutlich liberaler gestaltet sein. Einhergegangen ist die Liberalisierung der Märkte mit zunehmenden direkten Zahlungen an die Landwirtschaft, die weitgehend von der tatsächlichen Produktion entkoppelt sind. Mit dieser Entkoppelung soll der die Produktion stimulierende Effekt der Agrarsubventionen vermieden werden. Damit einher geht dann auch eine Verringerung der tierischen Produktion und damit der Erzeugung von Wirtschaftsdünger, wie etwa Mist oder Gülle, sowie eine Reduktion des Einsatzes von synthetischen Stickstoffdüngern in der Pflanzenproduktion. Gleichwohl ist hier anzufügen, dass die Landwirte nun zwar nicht mehr „subventionsorientiert“ sondern „marktorientiert“ produzieren, dies jedoch nicht bedeutet, dass diese nun umweltfreundlicher produzieren. Umweltfreundlicher werden die entkoppelten Zahlungen durch die Bindung an bestimmte Standards („cross compliance“).

Im Rahmen des Health Checks der Gemeinsamen Agrarpolitik 2007/2008 sowie der EU-Haushaltsüberprüfung (2008/2009) sollten die Belange des Klimaschutzes verstärkt in die Diskussion gebracht werden mit dem Ziel, Klimaschutzziele und Maßnahmen in die agrarpolitischen Instrumente zu verankern. Zielsetzung und Anforderungen von „cross-compliance“ sollten erweitert werden, damit sie auch den Belangen des Klimaschutzes vermehrt Rechnung tragen. Das gleich gilt auch für den Europäischen Landwirtschaftsfonds zur Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER). Klimaschutz sollte in die Zielsetzung und in die spezifischen Förderkonditionen und Kriterien des ELER verankert werden. Zielkonflikte müssen vermieden werden. So sollte z.B. „Einzelbetriebliche Investitionsförderprogramm für die Landwirtschaft“ besser auf den Klimaschutz hin ausgerichtet werden.

### **Zur anstehenden Reform des Milchmarkts**

Allerdings ist einer der wichtigsten Märkte, auch für die Klimaschutzproblematik, von den Reformen bisher noch wenig betroffen worden, und das ist der Milchmarkt. Wie bereits diskutiert, ist die Milchproduktion die Hauptquelle landwirtschaftlicher Methanemissionen und über das Wirtschaftsdüngermanagement auch eine wichtige Lachgasemissionsquelle. Durch die Abschaffung der Milchquote ist mit einem weiteren Rückgang der Emissionen zu rechnen, da es in der Folge voraussichtlich zu einem Abbau der Tierbestände kommen wird.

### **Bioenergiepolitik und Treibhausgas effekte**

Ein weiterer Aspekt der Agrarpolitik spielt in diesem Zusammenhang eine Rolle, und das ist die Bioenergiepolitik. In Deutschland, in der EU und in vielen anderen Ländern wird zunehmend die Produktion von Bioenergie gefördert. In Deutschland sind hier u.a. die Subventionierung der Biogasproduktion sowie die unlängst verringerte, aber nach wie vor bestehende Förderung der Rapsproduktion für Biodiesel durch Steuerermäßigung und/oder Beimischungszwang zu nennen. Diese Subventionen haben einen Produktionseffekt zur Folge und damit einen Effekt auch auf den Einsatz von Stickstoffdüngern. Der Produktionseffekt ergibt sich auf dreierlei Weise:

- Zum einen ergibt sich ein Intensitätseffekt. Je Flächeneinheit werden mehr Produktionsfaktoren, inklusive Stickstoffdünger, eingesetzt.
- Des Weiteren stellt sich ein Flächeneffekt ein. Der Flächeneffekt erhöht jedoch nur dann den Einsatz von Stickstoffdüngern, wenn in der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe mehr Dünger eingesetzt wird als bei den Feldfrüchten, deren Produktion zugunsten von nachwachsenden Rohstoffen eingeschränkt wurde.
- Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen auf Stilllegungsflächen erlaubt ist. Es ergibt sich also auch hier ein nennenswerter Effekt in Richtung auf einen höheren Stickstoffdüngereinsatz, und zwar insoweit, wie Stilllegungsflächen für die Bioenergieproduktion eingesetzt werden.

Die Subventionierung der Biogasproduktion ist in diesem Zusammenhang in mehrfacher Hinsicht relevant:

- Zum Ersten wird mit Hilfe der Biogasproduktion klimafreundliche Energie produziert. Aber in dem Ausmaß, in dem zur Rohstoffbeschaffung für die Biogasproduktion die Flächennutzung intensiver bzw. die Produktion zulasten von Stilllegungsflächen ausgedehnt wird, ergibt sich ein erhöhter Einsatz von Stickstoffdüngemitteln.
- Zum Zweiten hat die Subventionierung der Biogasproduktion die Nachfrage nach Rohstoffen für die Beschickung der Biogasanlagen stark steigen lassen. Dies gilt insbesondere für Mais. Als Konsequenz hat sich der Preis von Mais und in der Folge dann auch der von anderen Feldfrüchten deutlich erhöht. Dieses lässt einerseits die Rentabilität der pflanzlichen Produktion steigen und verursacht auch einen höheren Düngemittleinsatz. Andererseits verringert sich die Wirtschaftlichkeit der tierischen Produktion, weil etwa die Futterkosten steigen, was zumindest



mittel- und längerfristig zu einer Verringerung der tierischen Produktion beiträgt und damit der Emissionen von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) tierischen Ursprungs.

- Zum Dritten ist aber auch darauf hinzuweisen, dass in der Biogaserzeugung Wirtschaftsdünger verwertet und daher ein Beitrag zur Vermeidung von Emissionen der Tierproduktion geleistet wird. Insofern ergibt sich hierbei eine manchmal so genannte doppelte Dividende der Klimaschutzpolitik. Biogas ist eine klimafreundliche Energiequelle. Bei der Verwendung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen wird natürlich nicht nur Energie erzeugt, sondern es werden gleichzeitig die landwirtschaftlichen Emissionen von Klimagasen reduziert. Insofern ist es sachgerecht, wie bereits oben erwähnt, die durch die Verwendung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen verringerten landwirtschaftlichen Emissionen auf das Mitigationsziel anzurechnen.

### 5.3.2 Klimaschutzpolitische Instrumente mit Fokus auf Lachgas

Wie in Kapitel 4 diskutiert, sind vom Prinzip her sowohl Emissionssteuern als auch handelbare Emissionsrechte effizient. Beide Instrumente können sich aber in der Höhe der administrativen Kosten durchaus stark unterscheiden. Die Höhe der administrativen Kosten wiederum hängt von den ökonomischen und technischen Rahmenbedingungen im Einzelfall ab.

#### *Handelbare Emissionsrechte und Stickstoffsteuer stehen im Fokus*

Wie bereits im Kapitel 2 erörtert, stammt der weitaus größte Teil der Lachgasemissionen der Landwirtschaft aus dem Einsatz synthetischer Stickstoffdünger und aus Wirtschaftsdüngemitteln wie etwa Festmist, Jauche oder Gülle. Im Folgenden werden die besondere Eignung von handelbaren Emissionsrechten und einer Stickstoffsteuer (vgl. Kapitel 4) als Instrumente zur Reduzierung der so induzierten Lachgasemissionen herausgearbeitet, wobei im Besonderen auf den gegenwärtigen Sachstand und die künftigen Handlungsschwerpunkte eingegangen wird.

#### **Handelbare Emissionsrechte**

Das EU-Emissionshandelssystem (ETS) wurde zum 01.01.2005 eingeführt. Gegenwärtig sind etwa 12.000 Industrieanlagen in 25 Mitgliedsländern beteiligt, die ca. 50% des Kohlendioxidausstoßes verursachen (EU-ROPEAN COMMISSION, 2005). Gehandelt werden Emissionsrechte für Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>).

#### **Gegenwärtiger Sachstand**

Das ETS wird noch von Anlaufschwierigkeiten geplagt. Dies hat seine Ursache auch darin, dass sich das ETS noch in der Phase der Evolution der institutionellen Rahmenbedingungen befindet. Die Entwicklung und Auswahl geeigneter institutioneller Ausgestaltungen sind noch nicht abgeschlossen. Dementsprechend hoch sind derzeit noch die Transaktionskosten für die Teilnehmer an der Emissionsbörse. Die Erfahrung lehrt indes, dass solche Anlaufschwierigkeiten irgendwann auch überwunden werden.

Gegenwärtig werden im Rahmen des ETS lediglich Emissionsrechte für Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) gehandelt. Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) bzw. deren CO<sub>2</sub>-Äquivalent sind nicht Teil des bestehenden ETS. Insofern kann die Landwirtschaft derzeit noch gar nicht in das ETS einbezogen werden. Die Einbeziehung von Methan (CH<sub>4</sub>) und (N<sub>2</sub>O), sei es aus landwirtschaftlichen oder aus anderen Quellen, in das allgemeine System handelbarer Emissionsrechte ist indes auch deshalb anzustreben, weil dadurch die gesamtwirtschaftlichen Kosten der Klimaschutzpolitik verringert werden können (RAO und RIAHI, 2006). Auch die Denominationen, die derzeit an der ETS gehandelt werden, entsprechen noch nicht den Anforderungen der kleinbetrieblich und mittelständig ausgerichteten Agrarwirtschaft.

#### **Handlungsschwerpunkte**

Die tatsächlichen Lachgasemissionen sind von einer Reihe von Variablen abhängig (vgl. Kapitel 2). Die Kontrolle der Einhaltung etwaiger individuell zugewiesener Emissionsgrenzen in einem System handelbarer Emissionsrechte erfordert daher, dass etwa für jede der gedüngten Flächen detaillierte Aufzeichnungen seitens der Produzenten gemacht werden, in denen Menge und Zeitpunkt der Düngung je Flächeneinheit, klimatische und andere für die Höhe der Emissionen relevante Variablen dokumentiert werden.

Was als ein Düngemittel anzusehen ist, ist in der Düngeverordnung (DüV) und Düngemittelverordnung (DüMV) geregelt. Der Grund für die Existenz der DüV ist die Absicht der Politik, die negativen Umweltwirkungen von Düngemitteln zu beschränken. Selbstverständlich hat jeder Landwirt einen ökonomischen Anreiz, den Düngemiteleinsatz zu begrenzen. Allerdings nur nach Maßgabe der privaten, nicht aber der sozialen Kosten.

### **Exkurs: Zur Düngeverordnung (DüV)**

Die DüV ist ein CoCo-Instrument und regelt sehr detailliert, welche Düngerarten und Düngermengen auf welchen Schlägen bei welchen Witterungsbedingungen zu welcher Jahreszeit bei welchen Kulturpflanzen ausgebracht werden dürfen. Die Grundsätze für die Anwendung von Düngemitteln in der landwirtschaftlichen Produktion sind in § 3 der DüV geregelt. In Absatz 1 heißt es dazu: „Vor der Aufbringung von wesentlichen Nährstoffmengen an Stickstoff ... ist der Düngbedarf der Kultur sachgerecht festzustellen. ... Die Düngbedarfsermittlung muss so erfolgen, dass ein Gleichgewicht zwischen dem voraussichtlichen Nährstoffbedarf und der Nährstoffversorgung gewährleistet ist.“ Dies indes wird jeder Landwirt schon im eigenen Interesse tun. Eine Emissionssteuer ist bei der bestehenden DüV daher auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sinnvoll. In § 4 der DüV wird in Absatz 1 für Wirtschaftsdünger und andere organische Düngemittel spezifiziert: „Das Aufbringen von ... Wirtschaftsdünger darf nur erfolgen, wenn vor dem Aufbringen ihre Gehalte an Gesamtstickstoff und Phosphat, im Falle von Gülle, Jauche, sonstigen flüssigen organischen Düngemitteln oder Geflügelkot zusätzlich der Ammoniumstickstoff ... festgestellt worden sind“. Nach § 7 der DüV sind von jedem landwirtschaftlichen Unternehmen Aufzeichnungen vorzunehmen, aus denen die Einhaltung der sehr detaillierten DüV nachprüfbar hervorgeht. Verstöße hiergegen werden als Ordnungswidrigkeit geahndet.

Wichtiger jedoch sind in diesem Zusammenhang die Regelungen zur so genannten „cross compliance“ (vgl. auch Kapitel 3). Danach gelangen die Landwirte nur dann in den Genuss von Direktzahlungen, wenn sie die Einhaltung der guten fachlichen Praxis, zu der auch die Einhaltung der DüV zählt, glaubhaft nachweisen können. Die DüV wird aus diesem Grund in aller Regel seitens der Landwirtschaft strikt beachtet.

Alle für die Ermittlung der Einhaltung von individuellen Emissionsgrenzen notwendigen Informationen müssen bereits heute im Rahmen der Düngeverordnung (DüV in der Neufassung vom 27.02.2007) glaubhaft und nachprüfbar dokumentiert werden. Insofern bestehen seitens der Landwirtschaft bereits die grundlegenden Voraussetzungen für handelbare Emissionsrechte. Es müssten daher seitens der Politik vor allem noch die institutionellen Rahmenbedingungen für handelbare

Emissionsrechte geschaffen werden. Es ist daher auch nicht überraschend, dass bereits für handelbare Emissionsrechte bei Stickstoffdüngern plädiert wird (z.B. PÉREZ DOMINGUEZ, 2005; PEREZ und HOLM-MÜLLER, 2002).

Handelbare Emissionsrechte für Lachgas ( $N_2O$ ) sind in der Tat prinzipiell geeignet und längerfristig auch wünschenswert. Letztendlich müssten Lachgasmissionen, wie alle Emissionen von Klimagasen der Landwirtschaft, in das sich entwickelnde allgemeine System handelbarer Emissionsrechte integriert werden, um sicherzustellen, dass die zusätzlichen Kosten der Vermeidung von Emissionen über alle Wirtschaftsbereiche hinweg gleich hoch sind und die Klimaschutzpolitik damit aus gesamtwirtschaftlicher Sicht effizient ist.

Für die Einbeziehung der Landwirtschaft in das sich entwickelnde ETS müssen dessen Regelungen neu gestaltet bzw. angepasst werden. Dies gilt nicht nur für die Einbeziehung der beiden Treibhausgase Methan ( $CH_4$ ) und Lachgas ( $N_2O$ ), sondern auch im Hinblick auf die eher mittelständischen landwirtschaftlichen Betriebsstrukturen. Eine solche Perspektive gilt es, langfristig anzustreben, wenngleich man sich bewusst sein sollte, dass derzeit nur geringe Chancen einer schnellen Realisierung bestehen. Gleichwohl nimmt der politische und öffentliche Druck zu (LOTZECAMPEN, 2007).

### **Exkurs: Emissionshandel für die Landwirtschaft in Neuseeland schon Realität**

Der Handel mit Emissionsrechten wird für die neuseeländische Landwirtschaft ab dem 1. Januar 2013 Realität. Laut der aktuellen Vorschläge muss die Landwirtschaft bereits 2011 ihre Emissionen melden. Aufgrund der sehr hohen Emissionen aus der Landwirtschaft sieht die Regierung keine andere Möglichkeit, als die Landwirtschaft in den nationalen Emissionshandel mit einzubeziehen. Damit würde der Anreiz erhöht, auf allen erdenklichen Wegen, Emissionen einzusparen. Die Landwirtschaft trägt derzeit fast die Hälfte zum Ausstoß der Klimagase bei, mit steigender Tendenz. Dies ist insbesondere auf die Milchviehwirtschaft und ihre Lachgas- und Methanausstöße zurückzuführen. Mit der Einbeziehung des Agrarsektors in den Emissionshandel rückt Neuseeland dem von Premierministerin Helen Clark gesteckten Ziel näher, Neuseeland als erstes Land  $CO_2$ -neutral zu gestalten.

### **Handelbare Emissionsrechte vs. Stickstoffsteuer**

Wegen der prinzipiellen Vorzüge eines Systems handelbarer Emissionsrechte sollte also erwogen werden, mittelfristig ein Emissionshandelssystem zu schaffen, das so ausgestaltet ist, dass es einerseits den Anforderungen mittelständischer Landwirtschaft genügt und andererseits Lachgas- und Methanemissionen einbezieht. Auf diese Weise kann langfristig die Integration auch der Landwirtschaft in ein allgemeines Emissionshandelssystem erreicht werden. Bis dahin werden jedoch Emissionssteuern ein zentrales landwirtschaftliches klimapolitisches Instrument bleiben.

### **Stickstoffsteuer auf synthetische Düngemittel**

#### **Gegenwärtiger Sachstand**

Zumindest bei am Markt gehandelten Stickstoffdüngemitteln (das sind im Wesentlichen die synthetischen Stickstoffdünger) ergibt sich sowohl für die Landwirtschaft als auch für den Staat aus administrativer Sicht eine sehr kostengünstige Möglichkeit der Erhebung einer Stickstoffsteuer. Außerdem liegen in dieser Hinsicht bereits Erfahrungen vor, denn einige Länder haben eine solche Steuer schon angewandt, wie z.B. Schweden, Finnland, Dänemark und Österreich (ROUGOOR et al., 2001). An diesen Steuern wurde gelegentlich zwar auch Kritik geäußert. So wurde u.a. angeführt, dass die landwirtschaftlichen Erzeugerinkommen sinken, die Wettbewerbsfähigkeit leidet oder ein einheitlicher Steuersatz nicht immer effizient ist (z.B. BERNSTEN et al., 2003; SCHOU et al., 2000). Diese Kritikpunkte sind angesichts der Wirkungen dieses Instruments zur Verringerung von Klimagasemissionen ja auch gar nicht überraschend, könnten jedoch wie weiter oben bereits diskutiert, zumindest was Einkommen und Wettbewerbsfähigkeit betrifft, über etwaige Kompensationen abgeschwächt werden. Allerdings gehört der administrative Aufwand für die Stickstoffsteuern nicht zu den Kritikpunkten. Auch bei Lachgas ( $N_2O$ ) im Speziellen sollte daher zunächst auf Emissionssteuern gesetzt werden. Solche Steuern können relativ schnell und ohne nennenswerte zusätzliche Verwaltungskosten eingeführt werden.

#### **Handlungsschwerpunkte**

Für die Wirkung einer Steuer ist es unerheblich, ob sie auf der Nachfrage- oder der Angebotsseite erhoben wird. Für synthetische Stickstoffdünger gibt es nur wenige Anbieter, aber mehrere hunderttausend landwirtschaftliche Unternehmen auf der Nachfrageseite. Daher wäre der administrative Aufwand bei einer Erhebung der Steuer bei den Anbietern von Stickstoffdünger rela-

tiv gering. Es bietet sich daher an, die Stickstoffsteuer dort zu erheben und nicht bei den Landwirten.

Ein häufig genannter Einwand gegen eine Stickstoffsteuer ist, dass die Nachfrage der Landwirtschaft nach synthetischen Stickstoffdüngern nur sehr unelastisch, d.h. mit keinen oder nur geringfügigen Mengenänderungen bei Preisänderungen, in Bezug auf den Düngemittelpreis reagiert und dass daher eine Stickstoffsteuer das Einkommen der Landwirte sehr stark verringert, ohne eine signifikante Einschränkung des Stickstoffdüngemittelseinsatzes zu erreichen (z.B. BÄCKMANN, 1999; VATN et al., 1996; HERLIHY und HEGARTY, 1994; CLUNIES-ROSS, 1993). Diese in empirischen Analysen gefundenen relativ geringen so genannten Preiselastizitäten der Nachfrage nach Stickstoffdüngemitteln dürften aber in der Größenordnung deutlich zu gering sein, d.h. den Mengeneffekt von Preisänderungen unterschätzen, und zwar aus folgenden Gründen, die im Übrigen auch für andere empirisch determinierte Elastizitäten gelten:

- Zum einen beruhen die geringen Elastizitäten auf ökonometrischen Schätzungen historischer Zeitreihen, bei denen nur kurzfristige Preisschwankungen zu beobachten waren und von denen man dann ja auch gar nicht erwarten kann, dass sie ausgeprägte Anpassungsreaktionen aufweisen.
- Zum anderen stellt eine Stickstoffsteuer eine Veränderung der ökonomischen Struktur dar. Bei den Schätzungen, die in der Regel in der reduzierten Form durchgeführt wurden und die daher keine Veränderung der ökonomischen Struktur und der Erwartungsbildung der Landwirte berücksichtigen, können daher auch keine anderen Ergebnisse erwartet werden.

In anderen Worten: kurzfristige Schwankungen von Preisen haben in aller Regel nur geringfügige Veränderungen der nachgefragten Mengen zur Folge. Die mittel- und langfristigen Anpassungsreaktionen bei einer Politikänderung sind daher ausgeprägter als das, was kurzfristig an Anpassungen zu beobachten ist.

#### **Zur Wirksamkeit der Steuer: Das Beispiel Österreich**

Interessant ist in diesem Zusammenhang die von ROUGOOR et al. (2001) berichtete Reaktion der 1986 in Österreich eingeführten Steuer auf synthetische Stickstoffdünger, wo die bei den Düngemittelherstellern erhobene Stickstoffsteuer fast vollständig von diesen Herstellern getragen wurde und der Düngemittelseinsatz deutlich zurückging. Die geringe Überwälzung der Steuer auf die Landwirte unterstreicht damit die

Wirksamkeit dieser Steuer, denn eine geringe Überwälzung der Steuer auf die Landwirtschaft impliziert eine ausgeprägte Verringerung des Düngereinsatzes.

**Zur Wirksamkeit der Steuer: Das Beispiel Schweden**

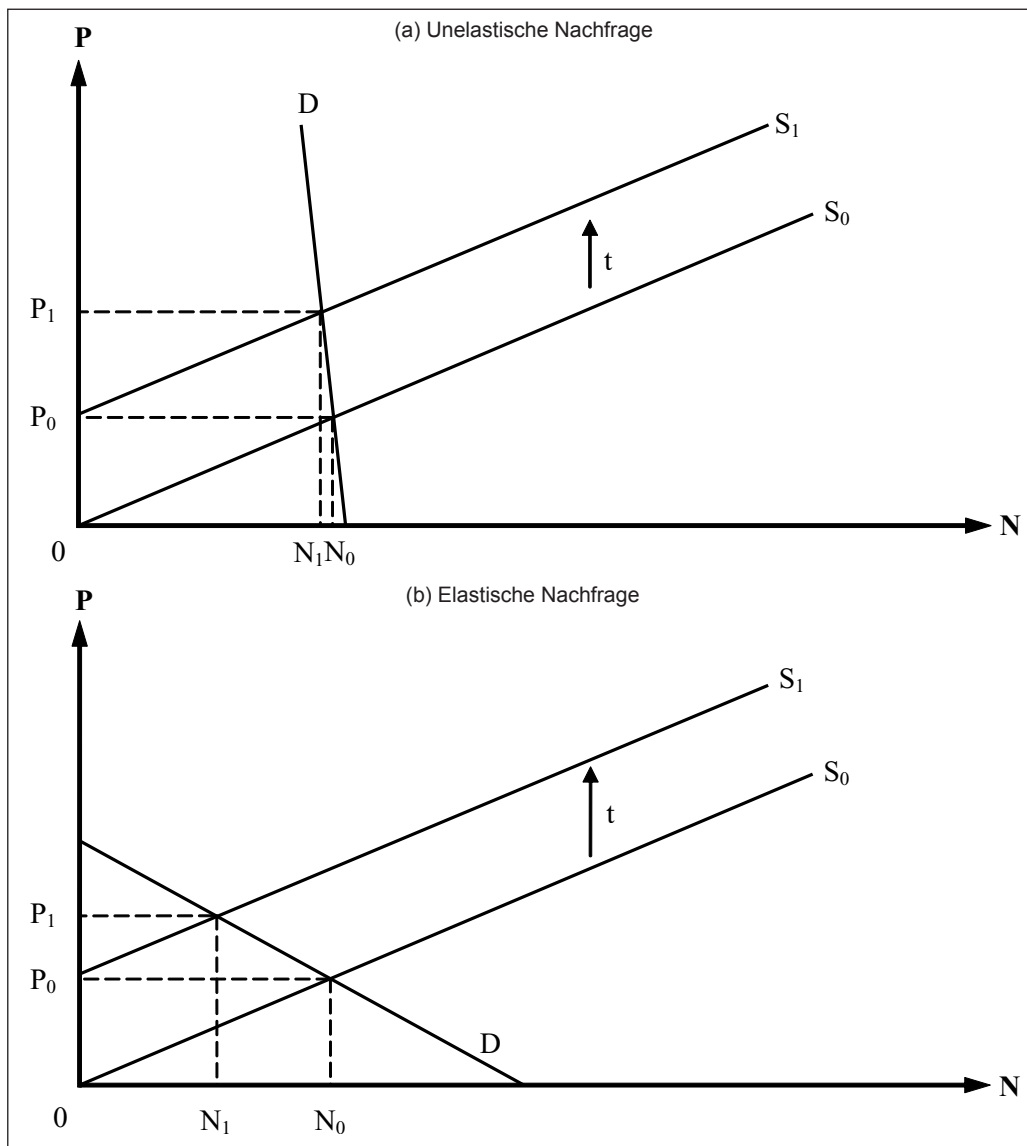
Auch für Schweden wird ein deutlicher Rückgang der landwirtschaftlichen Emissionen von Lachgas ( $N_2O$ ) nach Einführung einer Steuer auf Stickstoffdünger und einer Subventionierung der Vermeidungskosten berichtet (BRADY, 2003).

**Zur Wirksamkeit der Steuer: Graphischer Exkurs**

Die Anpassungsreaktionen bei unterschiedlich hohen Preiselastizitäten der Nachfrage sind in Abbildung 5.4 dargestellt.

In beiden Teilen der Abbildung ist jeweils auf der horizontalen Achse die Menge an Stickstoffdünger (N) abgetragen und auf der vertikalen Achse der Preis je Einheit N (P). Das Angebot an Dünger ist mit der

Angebotsfunktion (S) und die Nachfrage danach mit der Nachfragefunktion (D) bezeichnet. Eine Stickstoffsteuer, die bei den Herstellern von Düngemitteln erhoben wird, verteuert die Produktion und verschiebt die Angebotsfunktion der Hersteller von Stickstoffdünger ( $S_0$ ) nach oben ( $S_1$ ), und zwar um den Betrag der Stickstoffsteuer (t). Wenn die Nachfrage unelastisch auf Preisänderungen reagiert, ist die Nachfragefunktion (D) graphisch gesehen relativ steil (Abbildung 5.4 (a)). Eine gegebene Steuer führt dann zu einem relativ starken Anstieg des Preises für Stickstoffdünger für die Landwirtschaft und zu einem relativ geringeren Rückgang der nachgefragten Menge von ( $N_0$ ) nach ( $N_1$ ) im oberen Teil des Schaubildes. Im Falle einer elastischen Nachfrage (Abbildung 5.4 (b)) ist hingegen die Nachfragefunktion (D) weniger steil zu zeichnen. Das bewirkt, dass der im Schaubild ausgewiesene Preis für die Landwirtschaft relativ weniger steigt; aber die nachgefragte Menge im unteren Teil des Schaubildes geht relativ stärker zurück als im Fall einer unelastischen Nachfrage von ( $N_0$ ) nach ( $N_1$ ).



**Abbildung 5.4:** Einschränkung der nachgefragten Stickstoffmenge bei einer N-Steuer und unterschiedlich hohen Preiselastizitäten der Nachfrage  
Quelle: Eigene Darstellung.

## **Stickstoffsteuer auf Wirtschaftsdünger**

### ***Gegenwärtiger Sachstand***

Wirtschaftsdünger wird zum großen Teil in den ihn erzeugenden landwirtschaftlichen Unternehmen auch verbraucht. Lediglich geringe Mengen können lokal gehandelt werden, weil allein die Transportkosten einen Regionen übergreifenden Handel verhindern. Damit ergibt sich nicht die Möglichkeit, die Steuer beim Verkauf von Dünger zu erheben.

### ***Handlungsschwerpunkte***

Dennoch ergibt sich aufgrund der angesprochenen und bereits bestehenden Umweltregeln für die Landwirtschaft eine relativ geringe zusätzliche administrative Kosten verursachende Möglichkeit der Erhebung der Steuer bei den Wirtschaftsdünger produzierenden landwirtschaftlichen Unternehmen.

Wie bereits schon mehrfach weiter vorn, zuletzt bei der Erörterung des ETS diskutiert, ist der Einsatz aller Düngemittel in der Landwirtschaft in der DüV aus dem Jahr 2007 geregelt. Dies gilt auch für Wirtschaftsdünger. Dies bedeutet, dass nicht nur für synthetische Düngemittel, sondern auch für Wirtschaftsdünger (und andere in der DüV erfasste Düngemittel), auf der Ebene der einzelnen Unternehmen bereits alle diejenigen Informationen vorhanden sind, die als Grundlage für eine klimapolitisch sachgerechte Besteuerung von Wirtschaftsdünger notwendig sind. Damit kann Wirtschaftsdünger ohne signifikante zusätzliche administrative Kosten in ein System von Stickstoffsteuern einbezogen werden.

In diesem Zusammenhang sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Biogasproduktion in Deutschland gegenwärtig stark zunimmt. Sofern Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen genutzt wird, verringern sich die Emissionen aus Wirtschaftsdüngern. Daher ist es bei Verfolgung einer solchen Politik sinnvoll, den Wirtschaftsdünger, der über die Biogasproduktion verwertet wird, entsprechend der Verringerung von Emissionen von den Klimaschutzmaßnahmen auszunehmen und auf das Mitigationsziel anzurechnen.

### **5.3.3 Klimaschutzpolitische Instrumente mit Fokus auf Methan**

#### ***Gegenwärtiger Sachstand***

Wie eingangs gezeigt, sind die Methanemissionen der Landwirtschaft ganz überwiegend das Resultat der Herstellung von tierischen Produkten durch Wiederkäuer. Auch für die Emissionen von Methan ( $\text{CH}_4$ ) gilt, dass

sie sowohl durch Steuern als auch handelbare Emissionsrechte effizient reduziert werden können. Jedoch gibt es bei Methan ( $\text{CH}_4$ ) keinen so offensichtlich mit geringen administrativen Kosten verbundenen Ansatzpunkt für die Erhebung der Steuern wie bei Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

#### ***Handlungsschwerpunkte***

Die Steuern müssten dann bei jedem einzelnen Unternehmen an den durchschnittlich zu erwartenden Emissionen je Tiereinheit ansetzen. Zumindest für Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement dürften die dafür notwendigen Informationen aus den bereits diskutierten Gründen in den landwirtschaftlichen Unternehmen aber vorhanden sein bzw. könnten vergleichsweise leicht ermittelt werden.

Etwas anspruchsvoller dürfte hingegen die Informationsbereitstellung für Methanemissionen aus der Verdauung sein, liegen hierzu doch noch keine praxistauglichen Richtwerte vor. Gleichwohl dürfte dieser Informationsengpass nur von temporärer Dauer sein, denn zahllose wissenschaftliche Studien und Praxisversuche, etwa zu Respirationen, liefern bereits genügend Daten und Fakten für fundierte Richtwerte. Es bedarf lediglich einer praxisrelevanten Aufarbeitung und Verdichtung der Informationen und ggf. einiger zusätzlicher Forschungen in sehr abgegrenzten Bereichen des Emissionsgeschehens, etwa in Bezug auf die enterische Fermentation (v.a. Pansengärung).

#### ***Zusammenfassende Feststellung***

Es sollten also für Methan ( $\text{CH}_4$ ) ebenso wie für Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) Emissionssteuern erhoben werden. Der Steuersatz sollte für Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) im  $\text{CO}_2$ -Äquivalent die gleiche Höhe aufweisen. Hinsichtlich handelbarer Emissionsrechte gilt die für Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ausgeführte Argumentation.

## **5.4 Überlegungen zum Niveau des Einsatzes der Mitigationsinstrumente**

Wie bereits diskutiert, hat die Landwirtschaft in Deutschland die Emissionen der beiden hier betrachteten Treibhausgase zwischen 1990 und 2003 bereits um 18% verringert. Zum Erreichen des anvisierten Mitigationsziels in 2020 wären die Emissionen um weitere 12% zu verringern.

Die Milchproduktion stellt eine bedeutende Emissionsquelle dar. Die gegenwärtige Milchmarktordnung wird EU-intern kritisiert. Für den Milchmarkt sind aber auch aus Gründen der WTO-Kompatibilität Reformen zu er-

warten. Durch die Abschaffung der Milchquote ist mit einem Abbau der Tierbestände zu rechnen, so dass sich schon aus diesem Grund ein weiterer Rückgang der Emissionen aus der Landwirtschaft bis 2020 ergeben wird. ISERMEYER et al. (2006) beziffern den sich dadurch einstellenden Produktionsrückgang je nach analysiertem Szenario mit etwa 5% bis 8,5% allein durch Abschaffung der Exportsubventionen und mit 7,5% bis 19% bei zusätzlicher Abschaffung von Einfuhrzöllen.

Natürlich kann der zu erwartende Rückgang der Milchproduktion und damit der Milchkuhbestände (inklusive Nachwuchs) erst genauer beziffert werden, wenn eine endgültige Entscheidung über die Reform der EU-Milchmarktordnung gefallen ist. Wenn einmal konservativ angenommen wird, dass durch diese Reform die Milchproduktion um 10% zurückgeht, ergibt sich ein Rückgang der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent um weitere zwei Prozentpunkte gegenüber 1990, so dass bis 2020 die gesamten Emissionen der beiden Treibhausgase durch die deutsche Landwirtschaft im CO<sub>2</sub>-Äquivalent nur noch um zehn Prozentpunkte zu verringern wären. Dieses Resultat ergibt sich wie folgt: Die Milchproduktion (Kühe einschließlich notwendiger Nachzucht) verursacht etwa 72% der Methanemissionen durch Verdauungsgase und 31% der Methanemissionen durch Wirtschaftsdünger sowie etwa 41% der Lachgasemissionen durch Wirtschaftsdünger (DÄMMGEN, 2006a). Angesichts der in den Abbildungen 5.1 und 5.2 dargestellten gesamten Emissionen bzw. deren Verringerung im Zeitablauf ergibt sich dann die mit Abbildung 5.5 abgeleitete zu erwartende Verringerung der Emissionen von 1,61 Mio. Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent.

### Mitigationpotential

Rechnet man züchterische Fortschritte dazu, in den letzten zehn Jahren hat die Leistungssteigerung in der Milchproduktion bei etwa 2% pro Jahr gelegen (BMELV, 2007), ergeben sich eine weitere Reduzierung des Treibhausgasausstoßes und eine deutliche Annäherung an das Mitigationsziel, denn eine Steigerung der Milchleistung um 1% ist in etwa gleichzusetzen mit der Verringerung des Methanausstoßes aus der Fermentation aus der Verdauung von einem halben Prozent (DÄMMGEN, 2006b). Bei gleichbleibender Gesamtproduktion ließe sich so der Bestand nochmals substantiell verringern, und allein aus der Milchproduktion ließen sich also zusätzliche Prozentpunkte Treibhausgasreduktion generieren. D.h., dass bis 2020 die gesamten Methan- und Lachgasemissionen durch die deutsche Landwirtschaft im CO<sub>2</sub>-Äquivalent nur noch um sehr wenige Prozentpunkte zu verringern wären, wenn man vom Milchsektor abstrahiert.

Das Ergebnis zeigt, dass sich die deutsche Landwirtschaft in einer für viele andere Wirtschaftsbereiche sicherlich beneidenswerten Situation befindet, weil sie auch zu weiteren ggf. noch beschlossenen, anspruchsvolleren Klimaschutzziele einen Beitrag zu leisten in der Lage sein wird. Eine Kombination von zielführenden Maßnahmen in der landwirtschaftlichen Produktion und im Management, wie sie ausführlich im Kapitel 2 dieses Berichts beschrieben wurden, und wie sie in ihrer Wirkung auch u.a. von KÜSTERMANN und HÜLSBERGEN (2007) als notwendig erachtet werden, weist dafür den Weg.

Emissionen der tierischen Produktion	CH <sub>4</sub> Fermentation	CH <sub>4</sub> Wirtschaftsdünger	N <sub>2</sub> O Wirtschaftsdünger	Insgesamt
Emissionen in 2004 (in Mio. t Treibhausgas)	0,88	0,25	0,009	-
Emissionen in 2004 (in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent)	18,5	5,2	2,9	26,6
Anteil der Milchproduktion inklusive Nachzucht (in %)	72	31	41	-
Emission Milchproduktion (in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent)	13,3	1,6	1,2	16,1
Reformbedingte Reduktion (in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent)	-1,33	-0,16	-0,12	-1,61

**Abbildung 5.5:** Rückgang der Methan- und Lachgasemissionen der deutschen Landwirtschaft bei einer Reform der Milchmarktordnung (Annahme: Verringerung der Milchproduktion und Tierbestände um 10%)  
Quelle: Eigene Berechnungen nach DÄMMGEN (2006a).

## 5.5 Informationen für die Verbraucher

In Deutschland, wie auch in anderen reichen Ländern der Welt ist eine rasch wachsende Nachfrage nach Nahrungsgüterqualität zu beobachten. Dabei geht es den Verbrauchern nicht nur um Qualitätskomponenten, die im Endprodukt enthalten und analytisch nachweisbar sind, sondern auch um die Prozessqualität. Komponenten der Prozessqualität lassen sich im Endprodukt meist nicht analytisch nachweisen. Um den Konsumenten das Vorhandensein von Komponenten der Prozessqualität signalisieren zu können, bedienen sich die Anbieter der Kennzeichnung. Die Kennzeichnung kann eine staatliche Zertifizierung sein oder aber eine am Markt etablierte Kennzeichnung.

Für die Wirkung solcher Qualitätssiegel auf die Verbraucher sind zumindest drei Aspekte von zentraler Bedeutung:

- Erstens müssen die Verbraucher hinreichend darüber informiert sein, welche Eigenschaften durch ein Qualitätszertifikat nachgewiesen werden.
- Zweitens ist wichtig, dass die zertifizierten Qualitätskomponenten für die Verbraucherpräferenzen überhaupt relevant sind.
- Drittens muss die Zertifizierung glaubwürdig sein. Letzteres ist eine Funktion der Reputation des jeweiligen Zertifizierungsprozesses, und zwar unabhängig davon, ob die Zertifizierung durch staatliche Aktivitäten erfolgt oder durch den Privatsektor (z.B. SCHAMEL und ANDERSON, 2001; LEVIEN, 1998; GABBERT et al., 1996).

Die Auswirkungen der Nahrungsgüterproduktion auf den Klimawandel sind in der Öffentlichkeit nach wie vor weitgehend unbekannt. Hätten die Verbraucher diese Informationen, etwa in Form einer Zertifizierung, könnten sie mit ihren Kaufentscheidungen natürlich das Marktgeschehen beeinflussen. Rationale Kaufentscheidungen erfordern jedenfalls, dass die Verbraucher über die Klimaeffekte der Agrarproduktion hinreichend informiert sind. Daher stellt die Aufklärung der Verbraucher über die Klimaeffekte der Agrarproduktion auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht eine wichtige Aufgabe dar; denn auf diese Weise könnten die Verbraucher dann durch Änderung der Kaufentscheidungen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

So würde etwa bei gegebener Technologie gegenwärtig der Konsum in Deutschland von Reis und Wiederkäuerprodukten zugunsten anderer, weniger klimaschädlicher Nahrungsgüter zurückgehen, denn Wiederkäuerpro-

dukte und Reis stellen bekanntlich gegenwärtig die wichtigsten landwirtschaftlichen Emissionsquellen dar. Dies wiederum würde ökonomische Anreize schaffen, Produktionssysteme zu entwickeln und einzusetzen, bei denen die Klimagasemissionen geringer ausfallen.

### *Exkurs: Klimawirkung der Verringerung des Rindfleischkonsums*

In Deutschland werden pro Kopf der Bevölkerung gegenwärtig etwa 8,8 kg Rind- und Kalbfleisch pro Jahr gegessen (DBV, 2007). Wenn der Verbrauch um 1 kg Rind- und Kalbfleisch pro Kopf der Bevölkerung sinken würde, dann ließen sich rein rechnerisch 11,4% der zur Versorgung der einheimischen Bevölkerung notwendigen Bestände an Masttieren und entsprechende spezifische Methan- und Lachgasemissionen einsparen.

Bei Rindern allein (ohne Milchkühe) ließen sich so in Deutschland ca. 930.000 Tonnen im CO<sub>2</sub>-Äquivalent der beiden Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) reduzieren, was knapp 1,5% der gegenwärtig durch die Landwirtschaft verursachten Emissionen entspricht.

Ein ähnlicher Effekt könnte erreicht werden, wenn man auf über 6 Mrd. Fluggastkilometer (das entspricht 1.500 Äquatorumkreisungen einer mit 100 Passagieren besetzten Maschine) bzw. sogar 7 Mrd. Autokilometer verzichten könnte.

Wenn die Klimawirksamkeit der Nahrungsgüterproduktion die Präferenzen der Verbraucher beeinflusst, haben diese auch eine höhere Zahlungsbereitschaft für den Klimaschutz. Dies ist insofern von Bedeutung, als zumindest bei Beginn der landwirtschaftlichen Maßnahmen zum Klimaschutz nicht alle Länder gleichermaßen bereit sein werden, solche Instrumente einzusetzen. Da, wie bereits diskutiert, schärfere Umweltmaßnahmen sowohl im Inland als auch im Ausland zumindest bei den gegenwärtig gültigen internationalen Handelsregeln keine handelspolitischen Schutzmaßnahmen zulassen, könnte die höhere Zahlungsbereitschaft der Verbraucher auch auf diese Weise die heimischen Produzenten für die Auswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen auf die Wettbewerbsfähigkeit kompensieren.

## 6 Schlussfolgerungen

### 6.1 25 Thesen zu einer landwirtschaftlichen Klimaschutzpolitik

1. Die Landwirtschaft in Deutschland, in der EU und weltweit trägt in signifikanter Weise zum anthropogenen Klimawandel bei. Dies gilt insbesondere für die Emissionen von Methan und Lachgas.
2. Bedeutende Emissionsquellen für Methan und Lachgas in Deutschland sind die Rinderproduktion (Milch und Fleisch) und der Düngemittleinsatz (stickstoffhaltiger synthetischer Dünger und Wirtschaftsdünger, wie z.B. Mist, Jauche und Gülle).
3. Das Mitigationspotenzial in der deutschen Landwirtschaft ist hoch, und der gesamtwirtschaftliche Ressourceneinsatz zur Realisierung dieses Potenzials ist eher gering. Eine rationale Strategie zur Bekämpfung des Klimawandels muss die Landwirtschaft einbeziehen und Anreizsysteme zur Nutzung der vorhandenen Potenziale bieten.
4. Die Integration von Umweltbelangen in die Gemeinsame Agrarpolitik der EU sowie die Marktliberalisierung haben bereits zu einem Rückgang der landwirtschaftlichen Klimagasemissionen geführt. Die Fortsetzung dieses Reformprozesses ist daher aus klimapolitischer Sicht sinnvoll.
5. Für die Reduzierung der landwirtschaftlichen Emissionen von Methan und Lachgas fehlen sowohl für Deutschland als auch für die EU politische Zielvorgaben, und es mangelt an einer konsistenten und kohärenten Konzeption für eine landwirtschaftliche Klimaschutzpolitik und deren rechtliche Umsetzung.
6. Die Einbeziehung der Landwirtschaft in die Klimaschutzpolitik und die damit zusammenhängenden Auswirkungen auf die Landwirtschaft sind mit Unsicherheit behaftet. Deshalb sollte die Einbeziehung der Agrarproduktion in die Politik zum Klimaschutz schrittweise erfolgen.
7. Wie für die EU insgesamt sollte auch in der Landwirtschaft eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bei Methan und Lachgas gegenüber 1990 um 30% bis 2020 erreicht werden. Da die Landwirtschaft in Deutschland von 1990 bis 2004 die Emissionen dieser Treibhausgase bereits um 18% verringert hat, ist dieses Mitigationsziel nicht nur realistisch, sondern auch eher bescheiden.
8. Die deutsche Landwirtschaft ist vielmehr in einer komfortablen Situation, ggf. auch einen Beitrag zu noch anspruchsvolleren Klimaschutzzielen leisten zu können.
9. Allein durch die Wahl von bestimmten Haltungsverfahren lassen sich die Emissionen von Treibhausgasen erheblich verringern. Freilandhaltung, ob ganzjährig oder teilweise, verursacht vergleichsweise geringe Emissionen. Dies kann optimiert werden durch eine geringe Viehbestandsdichte.
10. Auch über die anaerobe Vergärung von tierischen Exkrementen in Biogasanlagen könnten die Methan- und Lachgasemissionen deutlich verringert werden.
11. Die Effizienz des Düngemittleinsatzes liegt in Deutschland bei allenfalls 50 Prozent, d.h. nur die Hälfte des eingesetzten Stickstoffs kann von den Pflanzen genutzt werden. Neben der möglichst umfassenden Anwendung von Präzisionstechniken lassen sich Emissionen vermeiden durch den Zeitpunkt der Düngung, durch die Vermeidung von Düngung bei feuchtwarmer Witterung und die Wahl des Düngers.
12. Auch die vorgeschlagene Reform der EU-Milchmarktpolitik würde die Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft deutlich verringern, da es in der Folge voraussichtlich zu einem Abbau der Tierbestände kommen wird.
13. Die zentralen klimapolitischen Maßnahmen in der Landwirtschaft sollten vor allem über ökonomische Anreize dazu führen, dass die Emissionen verringert werden. Hierzu zählen vor allem Emissionssteuern sowie die Aufklärung der Verbraucher über die Klimawirkungen der Agrargüterproduktion.
14. Eine Politik ökonomischer Anreize ist nicht nur für eine gesamtwirtschaftlich effiziente Klimaschutzpolitik notwendig. Sie schafft auch Anreize zur Entwicklung emissionsärmerer Technologien.
15. Emissionssteuern sind geeignet, schnell einen Rückgang der landwirtschaftlichen Lachgas- und Methanemissionen zu erreichen. Die administrativen Voraussetzungen hierfür sind ebenso vorhanden wie auch die meisten der zu ihrer Erhebung notwendigen Informationen auf Seiten der landwirtschaftlichen Unternehmen.
16. Es sollte überprüft werden, ob und wie die Landwirtschaft langfristig in das Emissionshandelssystem einbezogen werden könnte.
17. Ebenso müssen die Belange des Klimaschutzes in die agrarpolitischen Zielsetzungen verankert werden. Die mangelnde Kohärenz beider Politikbereiche muss abgebaut werden.



18. Die Anforderungen von „cross compliance“ im Bereich Umwelt richten sich vor allem auf den Bodenschutz. Zielsetzung und Anforderungen im Rahmen von „cross compliance“ müssen auch dem Klimaschutz Rechnung tragen.
19. Die Belange des Klimaschutzes sollten in die Zielsetzung und in die spezifischen Förderkonditionen und Kriterien des Europäischen Landwirtschaftsfonds zur Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER) verankert werden. Zielkonflikte müssen vermieden werden. So sollte z.B. „Einzelbetriebliche Investitionsförderprogramm für die Landwirtschaft“ besser auf den Klimaschutz hin ausgerichtet werden.
20. Für eine aus globaler Sicht effiziente Klimaschutzpolitik ist es notwendig, alle Länder und alle Sektoren einzubeziehen.
21. Der erfolgreiche Abschluss umfassender internationaler Abkommen ist zeitaufwendig. Daher sollten auch unilaterale Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden, auch wenn sie die heimische Produktion gegenüber ausländischer Produktion verteuern. Die Einführung von Kompensationsmaßnahmen in der Landwirtschaft kann hier sinnvoll sein.
22. Je mehr Länder koordinierte landwirtschaftliche Klimaschutzmaßnahmen ergreifen, desto geringer kann die Kompensation ausfallen.
23. Jegliche Kompensationsmaßnahmen in der Landwirtschaft sollten jedoch daraufhin überprüft werden, ob diese nicht zu einer Aufhebung der steuernden Wirkung einer Maßnahme, wie z.B. der Emissionssteuer, führen. Sie sollten zudem zielgerichtet klimafreundliche Produktionsmethoden in der Landwirtschaft fördern und müssen WTO-konform sein. Es gilt abzuwägen zwischen einer Vorreiterrolle im Klimaschutz und zeitlich befristeter Kompensationsmaßnahmen.
24. Forschung spielt eine zentrale Rolle für die Formulierung und Umsetzung einer zielgerichteten landwirtschaftlichen Klimaschutzpolitik.
25. Verbraucheraufklärung über die Klimaeffekte der Agrarproduktion kann die Wirksamkeit von Klimaschutzmaßnahmen deutlich verstärken. Die Verbraucher achten zunehmend auf die Prozessqualität der Nahrungsmittel. Informationen über die Klimawirkungen der Agrargüterproduktion helfen den Verbrauchern, rationale Konsumentenscheidungen zu treffen, und schaffen ökonomische Anreize für Produzenten, in Klimaschutz zu investieren.

## 6.2 Weiterer Analysebedarf

Mit diesem Bericht wird die Entwicklung eines Handlungsrahmens für eine landwirtschaftliche Klimaschutzpolitik vor dem Hintergrund der Reduktion der Emissionen der Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) durch die Landwirtschaft im Kontext Deutschlands diskutiert. Insofern ist diese Studie limitiert. Restriktionen der Analyse, wie sie hier eingehalten werden mussten, sind in verschiedenen Richtungen aufzugeben, um einen umfassenden Handlungsrahmen für eine die Landwirtschaft angemessen berücksichtigende Klimaschutzpolitik formulieren zu können. Ansätze für zusätzlichen Analysebedarf stellen vor allem die folgenden Bedarfsanforderungen dar:

- Die vorgenommene Analyse befasst sich mit den Emissionen von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) durch die Landwirtschaft in Deutschland. An verschiedener Stelle wurde darauf eingegangen, dass Deutschland die Agrar- und Klimapolitik in einem Europäischen Rahmen gestaltet. Die Analyse sollte also für die EU erweitert werden.
- Es kann auch ein Schritt weiter gegangen werden: Klima und Klimaänderungen vollziehen sich global, und es macht Sinn, wesentliche Bestandteile dieser Analyse in einen solchen weltweiten Kontext zu stellen. Das gilt etwa für die Systematisierung klimaschädlicher Emissionen der Landwirtschaft weltweit. Die Schwerpunkte der Analyse und Bewertung würden sich dann mit Sicherheit verschieben, denn einer der globalen Hauptemittenten an klimaschädlichen Gasen aus der Agrarproduktion ist in diesem Bericht nicht erfasst. Es handelt sich dabei um den Nassreis-anbau. Eine solche weit umfassendere Analyse wird dann sicherlich auch zu einer Akzentuierung der Handlungsempfehlungen für eine dann nicht mehr deutsche oder europäische, sondern eine internationale Klimaschutzpolitik führen.
- Eine globale Ausrichtung ermöglicht zudem, eine stärkere Betonung zweier Aspekte, die in diesem Bericht nur angerissen werden konnten. Der eine ist die durch internationale Unterschiede in der Klimaschutzpolitik induzierte Wanderung der Produktion in Länder mit weniger strikter Klimaschutzpolitik. Der andere betrifft die Entwicklung von Strategien zur Information der Verbraucher über die internationalen Unterschiede in der Klimaschutzpolitik und die daraus resultierenden internationalen Unterschiede in der Klimawirkung der Agrargüterproduktion.

- Die grenzüberschreitende Analyse würde auch ermöglichen, die zu erwartenden Effekte einer Änderung agrarpolitischer und klimaschutzpolitischer Rahmenbedingungen genauer zu fassen als mit den hier angewendeten kalkulatorischen Mitteln. So ermöglichen beispielsweise partielle oder noch komplexere Marktmodelle auf der Basis wohlfahrtstheoretischer Konzepte eine zunehmend detaillierte Analyse von Auswirkungen unterschiedlicher politischer Optionen auf verschiedene Ziele wie Emissionsniveau, Einkommen, Preise, budgetäre Konsequenzen politischer Interventionen etc.
- Auch macht es Sinn, die Methan- und Lachgasproblematik in der Landwirtschaft mit deren Funktion als Kohlendioxidsenke zu verknüpfen; so könnten z. B. die Mechanismen einer Kopplung hier vorgeschlagener handelbarer Emissionsrechte substantziell diskutiert werden, denn Landwirte werden diese Rechte nicht nur nachfragen, sondern auch anbieten können, je nachdem, ob man Klimagase freisetzt oder bindet.
- Außerdem ist zu prüfen, wie weit der Sektor Landwirtschaft definiert wird. Diese Analyse beschränkte sich auf den in der Offizialstatistik nach IPCC-Standards definierten Sektor. Negiert wurden der Forstsektor und so genannte Landnutzungsänderungen, etwa Abholzungen (im globalen Kontext etwa von Regenwald), weil diese einem anderen Bereich der Emissionsberichterstattung zugeordnet sind. Ebenfalls wurden hier die Emissionen, die bei der Herstellung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren entstehen, nicht analysiert.
- Schließlich darf nicht unerwähnt bleiben, dass die institutionelle Ausgestaltung eines Systems handelbarer Emissionsrechte, das einerseits den Spezifika der Agrarwirtschaft gerecht wird und andererseits später die Einbeziehung in ein allgemeines System handelbarer Emissionsrechte erlaubt, auch für die Forschung noch eine Herausforderung darstellt.
- Generell ergibt sich darüber hinaus eine ganze Reihe von Forschungslücken im naturwissenschaftlichen und technologischen Kontext, etwa im Bereich der Tierhaltung bzw. genauer gesagt bei der Bewertung der Emissionen in der Tierhaltung. So ist z. B. explizit zu fragen, wie eine bessere Quantifizierung der Emissionen je nach Haltungsverfahren und Produktionsmethode möglichst rasch und präzise erreicht werden kann. Nicht nur in der Tierhaltung, sondern auch im Bereich der Pflanzenproduktion gilt es zudem, Produktionsverfahren im Hinblick auf den Klimaschutz weiterzuentwickeln bzw. die dafür notwendigen Forschungsarbeiten zu leisten, Antworten zu suchen nach den Fragen kostengünstiger Maßnahmen in Bezug auf die Vermeidungskosten und einer Bilanzierung bzw. Optimierung der Ziele bzw. Zielerreichungsgrade Klimaschutz und Umwelt- sowie Natur- und Tierschutz.

## Glossar

### *Anthropogen*

Unter anthropogen versteht man vom Menschen beeinflusste, verursachte und/oder hergestellte Tatbestände. Entsprechend wird der durch menschliche Eingriffe entstandene Anteil am atmosphärischen Klimaeffekt auch als anthropogener Klimaeffekt bezeichnet.

### *Cross-compliance*

Wörtlich „Überkreuzeinhaltung“. Vorschriften der „cross-compliance“ koppeln im Bereich der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU die Auszahlung von Direktzahlungen an Landwirte an die Einhaltung von bestimmten Regeln des so genannten Fachrechts, wie es etwa mit den EU-Verordnungen VO (EG) Nr. 1782/2003 und VO (EG) Nr. 796/2004 bestimmt ist. Im Allgemeinen geht es um die Berücksichtigung von Grundanforderungen an die Betriebsführung im Hinblick auf die Gesundheit des Menschen, von Tier und Pflanzen sowie die Erhaltung einer guten landwirtschaftlichen Praxis und des ökologischen Zustandes.

### *Enterische Fermentation*

Unter einer enterischen Fermentation versteht man die Fermentation, die im Verdauungssystem von Wiederkäuern auftritt. Sie ist einer der ausschlaggebenden Faktoren für Methanemissionen, weil dieses Gas mit dem Wiederkauen aus dem Pansen über Luftröhre und Rachen der Tiere in die Atmosphäre gelangt.

### *Externalität*

Als Externalität, auch externer Effekt genannt, bezeichnet man die Wirkung ökonomischer Entscheidungen auf unbeteiligte Dritte, ohne dass diese Dritten kompensiert werden. In diesem Zusammenhang spricht man auch von Marktversagen, aus dem die Notwendigkeit für staatliche Interventionen abgeleitet wird. Eine negative Externalität wird auch als externe Kosten bezeichnet und eine positive Externalität als externer Nutzen. Extern heißt dabei, dass ein Geschädigter keine Entschädigung erhält und ein Nutznießer keine Gegenleistung entrichten muss.

### *Gefangenendilemma*

Das Gefangenendilemma hat seinen Ursprung in der Spieltheorie. Im Prinzip zeigt dieses „Spiel“, dass individuell rationale Entscheidungen zu kollektiv schlechteren Ergebnissen führen können als die Ergebnisse, die durch kollektives Entscheiden zustande gekommen wären. Das Gefangenendilemma lässt sich auf viele Sachverhalte in der Praxis übertragen. Vereinbaren beispielsweise zwei Länder eine Emissionsreduzierung,

so wird es immer individuell besser sein, heimlich doch weniger zu mitigieren. Keines der Länder hält sich an sein Versprechen und beide sind durch die geringere als vereinbarte Reduktion der Emissionen schlechter gestellt (höheres Klimaeffektpotenzial, höhere soziale Kosten), allerdings besser, als wenn nur jeweils das andere Land nicht mitigierte (Gefahr einer grenzüberschreitenden negativen Klimawirkung).

### *Grenzkosten, Grenzkosten der Vermeidung*

Mit dem Begriff der Grenzkosten werden in der Ökonomie die Kosten beschrieben, die durch die Produktion einer zusätzlichen Einheit eines Produktes entstehen. Im mathematischen Sinn ist die Grenzkostenfunktion die erste Ableitung oder die Steigung der Kostenfunktion der Produktion eines Gutes. Die Grenzkosten der Vermeidung (von Treibhausgasemissionen) sind dann die zusätzlichen Kosten für die Vermeidung einer zusätzlichen Einheit des Schadstoffes.

### *Grenznutzen, Grenznutzen der Vermeidung*

Unter dem Begriff des Grenznutzens wird in der Ökonomie der Nutzen beschrieben, den eine weitere, zusätzlich konsumierte Einheit des Gutes stiften würde. Nach mathematischem Verständnis ist die Grenznutzenfunktion die erste Ableitung der Nutzenfunktion nach der Menge eines Gutes. Der Grenznutzen der Vermeidung (von Treibhausgasemissionen) ist der zusätzliche Nutzen für die Vermeidung einer zusätzlichen Einheit des Schadstoffes.

### *Internalisierung*

Unter Internalisierung versteht man in der Ökonomie die Einbeziehung durch Externalitäten (externe Effekte) verursachter sozialer Zusatzkosten bzw. Zusatznutzen in das Entscheidungskalkül des Verursachers. Ziel der Internalisierung ist es, die durch Marktversagen entstandenen Wirkungen zu minimieren und die soziale Wohlfahrt zu optimieren. Es gibt eine Reihe von Instrumenten, mit denen Externalitäten internalisiert werden. Dazu zählen im Kontext der Mitigation von Treibhausgasemissionen neben moralischen Appellen durch den Staat auch Gebote, Verbote und Auflagen, Steuern und Subventionen sowie Emissionszertifikate.

### *Mitigation*

Als Mitigation bezeichnet man alle Aktivitäten des Menschen, die eine Reduzierung des globalen Klimaeffektes durch Verringerung von Treibhausgasemissionen erreichen. Sie bildet die zweite Säule der politischen, wirtschaftlichen und anderer Anstrengungen, dem

Klimaeffekt zu begegnet: Die erste Säule beinhaltet Adaptationsmaßnahmen, Aktivitäten also, die darauf abzielen, sich an die Auswirkungen von Klimaänderungen (der Emission von Treibhausgasen) anzupassen.

### ***Öffentliche Güter***

Öffentliche Güter sind Güter, die sich im Konsum durch die Eigenschaften Nicht-Ausschließbarkeit und Nicht-Rivalität auszeichnen. Unter Nicht-Ausschließbarkeit versteht man die Eigenschaft, Eigentumsrechte an dem betreffenden Gut nur unzureichend zuweisen oder durchsetzen zu können; und Nicht-Rivalität bedeutet, dass das betreffende Gut zur gleichen Zeit von verschiedenen Individuen konsumiert werden kann. Klimaschutz wird vor diesem Hintergrund als ein globales öffentliches Gut gesehen. Globale öffentliche Güter sind öffentliche Güter, die sich nicht auf nationalstaatliche Grenzen beschränken, sondern weltweit gültig sind.

### ***Sequestrierung***

Der Begriff der Sequestrierung wird im Zusammenhang mit Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) gebraucht. Unter der Kohlendioxidsequestrierung versteht man die Endlagerung oder Deponierung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>): Dieses soll nicht in die Atmosphäre gelangen. Als Sequestrierung im eigentlichen Sinne bezeichnet man die dauerhafte Einlagerung (Endlagerung) des Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Grund für diese Bemühungen sind der Treibhauseffekt und die daraus resultierende globale Erwärmung.

### ***Trade-off***

Ein trade-off beschreibt eine negative wechselseitige Abhängigkeit zweier Ziele. Man kann auch von einem Zielkonflikt sprechen, der insbesondere dann vorliegt, wenn man eine Verbesserung eines Ziels nur unter Verschlechterung eines anderen Ziels erreichen kann, was in der Folge Kompromisse begründet.

### ***Wirtschaftsdünger***

Als Wirtschaftsdünger werden organische Substanzen bezeichnet, die in der Land- und Forstwirtschaft anfallen und zur Düngung eingesetzt werden. Sie können von Tieren und Pflanzen stammen. Tierische Wirtschaftsdünger sind zum Beispiel Gülle, Jauche und Mist. Zu den pflanzlichen Substanzen zählen vor allem Stroh, das nach der Getreideernte in den Boden eingearbeitet wird, Gründüngung durch Zwischenfrüchte, Rindenmulch und sonstige Pflanzenrückstände.

## Literaturverzeichnis

- AEA TECHNOLOGY ENVIRONMENT (1998a): Options to Reduce Methane Emissions: Final Report (A Report Produced for DG XI). Brussels: DG XI.
- AEA TECHNOLOGY ENVIRONMENT (1998b): Options to Reduce Nitrous Oxide Emissions: Final Report (A Report Produced for DG XI). Brussels: DG XI.
- AHLGRIMM, H.-J.; BREDFORD, J (1998): Methan-Emissionen aus der Schweinemast. In: Landbau-forschung Völkenrode, 1. S. 26-34.
- AILLERY, M. et al. (2005): Managing Manure to Improve Air and Water: Coordination Works Better. Washington, DC: USDA, ERS.
- AMON, B. et al. (2002): Wirkung der Einstreu auf umwelt- und klimarelevante Emissionen aus einem Tretmiststall für Mastbullen. In: KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung: Grundlagen, Wirkungen, Minderungsmaßnahmen. Darmstadt: KTBL. S. 329-330.
- ANGENENDT, E.A. (2003): Entwicklung eines ökologisch-ökonomischen Modells für extensive Futterbaubetriebe zur Abbildung der Emissionen klimarelevanter Gase aus der Landwirtschaft und zur Bewertung von Verminderungsstrategien. Bergen/Dumme: Agrimedia.
- ANGER, M. (2002): Ammoniak-Emissionen bei Weidehaltung. In: KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung: Grundlagen, Wirkungen, Minderungsmaßnahmen. Darmstadt: KTBL. S. 135-150.
- BÄCKMANN, S. (1999): Literature Review on Levies and Permits: Economic Instruments for Nitrogen Control in European Agriculture. Utrecht: Center for Agriculture and Environment.
- BATES, J. (2001): Economic Evaluation of Emission Reductions of Nitrous Oxide and Methane in Agriculture in the EU: Bottom-up Analysis. Culham: AEA Technology Environment.
- BAUMERT, K. A. et al. (2005): Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy. Washington, DC: World Resources Institute.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2003): Merkblatt Verminderung gasförmiger Emissionen in der Tierhaltung: Ammoniak, Methangas, Lachgas. München: Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- BERNSTEN, J. et al. (2003): Evaluating Nitrogen Taxation Scenarios Using the Dynamic Whole Farm Simulation model FASSET. In: Agricultural Systems 76. S. 817-813.
- BRADY, M. (2003): The Relative Cost-efficiency of Arable Nitrogen Management in Sweden. In: Ecological Economics 47. S. 53-70.
- BRUINSMA, J. (Ed.) (2003): World Agriculture towards 2015/2030. London: Earthscan.
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2007): Milcherzeugung, Milchleistung und Milchlieferung. In: [www.bmelv-statistik.de/data/684148731C0349998B5F16A35EBB8887.0.pdf](http://www.bmelv-statistik.de/data/684148731C0349998B5F16A35EBB8887.0.pdf) (17.05.2007).
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2005): Bericht zum Klimaschutz im Bereich Land- und Forstwirtschaft. Berlin: BMELV.
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (versch. Jgg.): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung. Berlin: BMELV.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2007): Klimaagenda 2020: Der Umbau der Industriegesellschaft. Berlin: BMU.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2005): Umweltpolitik: Nationales Klimaschutzprogramm 2005: Sechster Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO<sub>2</sub>-Reduktion“. Berlin: BMU.
- BUNDESREGIERUNG (2007): G8-Summit 2007 Heiligendamm: Zusammenfassung des Vorsitzes. Berlin: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung.
- CLEMENS, J. et al. (2002): Methan- und Lachgas-Emissionen bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger. In: KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung: Grundlagen, Wirkungen, Minderungsmaßnahmen. Darmstadt: KTBL. S. 203-214.
- CLUNIES-ROSS, T. (1993): Taxing Nitrogen Fertilizer. In: The Ecologist 23. S. 13-17.
- DÄMMGEN, U.; DÖRING, U. (2006): Nationales Emissionsinventar – Teilbericht Landwirtschaft (CRF Sektor 4). In: Dämmgen, U. (Hrsg.): Nationaler Inventarbericht 2006: Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 291. Braunschweig: FAL. S. 21-45.

- DÄMMGEN, U. et al. (2006): Berechnungen der Emissionen aus der Landwirtschaft - Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2006 für 2004: Methoden und Daten (GAS-EM). In: Dämmgen, U. (Hrsg.): Nationaler Inventarbericht 2006: Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 291. Braunschweig: FAL. S. 47-222.
- DÄMMGEN, U. (Hrsg.) (2006a): Berechnungen der Emissionen aus der Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2006 für 2004: Tabellen. Braunschweig: FAL.
- DÄMMGEN, U. (Hrsg.) (2006b): Nationaler Emissionsbericht 2006: Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft. Braunschweig: FAL.
- DEANGELO, B. J. et al. (2006): Methane and Nitrous Oxide Mitigation in Agriculture. In: Energy Journal, Special Issue 3. S. 88-109.
- DBV (DEUTSCHER BAUERNVERBAND) (2006): Situationsbericht Landwirtschaft 2006. Bonn: DBV.
- DESTATIS (Hrsg.) (2007): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland: Indikatorenbericht 2006. Wiesbaden: Destatis.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2007): Drucksache 16/5346. Berlin: Deutscher Bundestag.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2000): Blickpunkt, Juli 07/ 2000. Berlin: Deutscher Bundestag.
- DOSCH, P. (1996): Optimierung und Verwendung von Güllestickstoff durch Separiertechnik und kulturartspezifische Applikationstechniken. In: Landtechnische Berichte aus der Praxis 56. München: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- DUMAS, C. et al. (2002): Tradable Permits and Agricultural Sequestration of Carbon. Agricultural Globalization, Trade and the Environment. In: Moss, C. B. et al. (Eds.): Agricultural Globalization, Trade, and the Environment. Boston, MA: Kluwer. S. 439-454.
- DÜMV (DÜNGEMITTELVERORDNUNG), Fassung vom 04.12.2003, In: Bundesgesetzblatt 1: 2373-2437.
- DÜV (DÜNGEVERORDNUNG), Neufassung vom 27.02.2007. In: Bundesgesetzblatt 1: 221.
- EUROPEAN COMMISSION (2007): Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: 2006 Environment Policy Review. Brussels: European Commission.
- EUROPEAN COMMISSION (2005): Review of the European Emissions Trading Scheme. Brussels: European Commission.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2001): Umwelt 2010 – Unsere Zukunft liegt in unserer Hand: Das 6. Aktionsprogramm der EG für die Umwelt. Brüssel: Europäische Kommission.
- EEA (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY) (2006): Beurteilung der Einbeziehung von Umweltbelangen in die Agrarpolitik der EU. EEA Briefing 2006/01. Kopenhagen: EEA.
- EUROSTAT (2007): Statistics in Focus 41/2007. Luxembourg: Eurostat.
- EUROSTAT (2005): The 2005 Agricultural Year. Luxembourg: Eurostat
- FREIBAUER, A. et al. (2004): Carbon Sequestration in the Agricultural Soils of Europe. In: Geoderma 122. S. 1-23.
- GABBERT, S. et al. (1996): Wine Quality and Price: A Hedonic Approach. In: Working. Paper 24. Berlin: Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt Universität zu Berlin.
- GRANDLI, T.; BOCKMANN, O. C. (1994): Norwegian Journal of Agricultural Sciences No. 12. Porsgrun: Agricultural University of Norway.
- GRONENSTEIN, C.M. (2006): Environmental Aspects of Improving Sow Welfare with Group Housing and Straw. Wageningen: Wageningen University.
- GRONENSTEIN, C.M.; VAN FAASTEN, H.G. (1996): Votalization of Ammonia, Nitrous Oxide and Nitric Oxide in Deep-litter Systems for Fattening Pigs. In: Journal of Agricultural Research 65. S. 269-274.
- GRUBINGER, V. (2007): Climate Change and Agriculture: Challenges and Opportunities for Outreach. In: [www.climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/Outreach.pdf](http://www.climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/Outreach.pdf) (19.03.2007).
- HARTUNG, E. (2002): Methan- und Lachgas-Emissionen der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung. In: KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung: Grundlagen, Wirkungen, Minderungsmaßnahmen. Darmstadt: KTBL. S. 192-202.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. (1985): Agricultural Development: An International Perspective. 2nd edition, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- HERLIHY, M.; HEGARTY, T. (1994): Effects of Restrictions and Prices of N, P, and K on Fertilizer Inputs and Yield Deficits of Sugar Beets. In: Fertilizer Research 39. S. 167-198.
- HOLZ, F. (2007): Düngeverordnung – Aktueller Stand und Umsetzung. Bernburg: Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau.

- IFIA (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION); FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS) (2001): Global estimates of gaseous emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from agricultural land. Rome: FAO
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2007): Mitigation of Climate Change: The IPCC 4th Assessment Report. Geneva: IPCC.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2001): Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2000): Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Geneva: IPCC.
- ISERMEYER, F. et al. (2006): Analyse politischer Handlungsoptionen für den Milchmarkt. Braunschweig und Kiel: FAL und BfEL.
- KARP, L.; LIU, X. (2002): Welfare Gains under Tradable CO<sub>2</sub> Permits. Agricultural Globalization, Trade and the Environment. In: Moss, C. B. et al. (Eds.): Agricultural Globalization, Trade and the Environment. Boston, MA: Kluwer.
- KECK, M. et al. (2006): Minderungsmaßnahmen in der Milchviehhaltung. In: KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung: Messung, Beurteilung und Minderung von Gasen, Stäuben und Keimen. Darmstadt: KTBL. S. 211-227.
- KIRSCHKE, D. et al. (2005): Entwicklung von Produkt- und Faktormärkten und landwirtschaftlichen Unternehmen in den neuen Bundesländern für die Jahre 2004 bis 2008/09. Gutachten im Auftrag der BVVG. Berlin: BVVG.
- KTBL (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT) (Hrsg.) (2006): Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren: Methode zur Bewertung von Tierhaltungsanlagen hinsichtlich Umweltwirkungen und Tiergerechtigkeit. Darmstadt: KTBL.
- KÜSTERMANN, B.; HÜLSBERGEN, K.-J. (2007): Was mindert die Emissionen? In: DLG-Mitteilungen 9/2007. S. 26-27.
- LANDSHUTER UMWELTZENTRUM (2007): Umweltbelastung und Energieverbrauch durch den Flugverkehr. In: [www.la-umwelt.de/Belastungen\\_durch\\_Flugverkehr.pdf](http://www.la-umwelt.de/Belastungen_durch_Flugverkehr.pdf) (14.09.2007)
- LEAD (LIVESTOCK, ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT INITIATIVE) (2007): Livestock and environment toolbox. In: [www.lead.virtualcenter.org/dec/toolbox/industry/ghgas.html](http://www.lead.virtualcenter.org/dec/toolbox/industry/ghgas.html) (13.03.2007).
- LEVIEN, L. (1998): Erfolgspotential umweltbezogener Zertifizierung für die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in Osteuropa. Göttingen: Cuvillier.
- LOTZE-CAMPEN, H. (2007): Schneller, früher, stärker: Die Folgen des Klimawandels sind für die Landwirte dramatisch. In: DLG-Mitteilungen 9/2007. S. 23-25.
- MICHAELOWA, A. (2006): Principles of Climate Change Policy after 2012. In: Intereconomics, March/April 2006.
- MICHAELOWA, A. et al. (2005): Graduation and Deepening: An Ambitious Post-2012. Climate Policy Scenario. In: International Environmental Agreements 5. S. 25-46.
- MÖCKEL, A. (2006): Umweltabgaben zur Ökologisierung der Landwirtschaft. Berlin: Duncker und Humblot.
- MONTENY, G.-J. et al. (2006): Greenhouse Gas Abatement Strategies for Animal Husbandry. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 112. S. 163-170.
- MOTZ, I. (2002): Einfluss von Bodenbearbeitung, Düngung, und Fruchtfolge auf die Lachgasemissionen aus Ackerflächen. Hohenheim: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim.
- NEAA (NETHERLANDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AGENCY) (2007): Global greenhouse gas emissions increased 75 percent since 1970. In: [www.mnp.nl/en/dossiers/Climatechange/trendGHGemissions1990-2004.html](http://www.mnp.nl/en/dossiers/Climatechange/trendGHGemissions1990-2004.html) (13.03.2007).
- NICKS, B. et al. (2004): Gaseous Emissions from Deep-litter Pens with Straw or Sawdust for Fattening Pigs. In: Animal Science 78. S. 99-107.
- NIEDERSÄCHSISCHE REGIERUNGSKOMMISSION (2001): Zukunft der Landwirtschaft – Verbraucherorientierung. Hannover: Niedersächsische Landesregierung.
- NOLEPPA, S. (2006): Umweltbericht im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung gemäß Richtlinie 2001/42/EG zu dem Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum für den ELER im Bundesland Sachsen-Anhalt für die Förderperiode 2007-2013. Gutachten im Auftrag der Staatskanzlei des Landes Sachsen-Anhalt. Magdeburg: Staatskanzlei des Landes Sachsen-Anhalt.
- OSTERBURG, B. et al. (2005): Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldüngereinsatzes. Braunschweig: FAL.

- PARSCHE, R. et al. (2003): Produktionsmittelbesteuerung in der Landwirtschaft in ausgewählten EU-Partnerländern. München: Ifo.
- PAUSTIAN, K. et al. (2006): Agriculture's Role in Greenhouse Gas Mitigation. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- PEREZ DOMINGUEZ, I. (2005): Greenhouse Gases: Inventories, Abatement Costs and Markets for Emission Permits in European Agriculture. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- PEREZ, I.; HOLM-MÜLLER, K. (2006): Möglichkeiten für den Einsatz von handelbaren Zertifikaten zur Verringerung der Treibhausgase aus dem Agrarsektor. Konferenz Biosphäre-Atmosphäre. Gießen: Universität Gießen.
- PERMAN, R. et al. (2003): Natural Resource and Environmental Economics. 3rd Edition, Harlow: Pearson.
- PHIPPS, S.; HALL, N. (1994): Reducing Greenhouse Gas Emissions from Australian Agriculture. Canberra: ABARE.
- PIGOU, A. C. (1920): The Economics of Welfare. London: McMillan.
- PÖLLINGER, A. (2004): Klimarelevante Emissionen aus der Landwirtschaft: Quellen, Bedeutung und Minderungsmöglichkeiten. Gumpenstein: BAL Institut für Technik, Ökonomie und Bauwesen.
- RADULESCU, D. M. (2004): Produktionsmittelbesteuerung in der Landwirtschaft. In: Ifo Schnelldienst 57(5). S. 20-27.
- RAO, S.; RIAHI, K. (2006): The Role of Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases in Climate Change Mitigation: Long-term Scenarios for the 21st Century. In: Energy Journal, Special. Issue 3. S. 177-200.
- REICHHOLF, J. H. (2007): Eine kurze Naturgeschichte des letzten Jahrtausends. Frankfurt am Main: Fischer.
- RIBAUDO, M.; WEINBERG, M. (2006): Improving Air and Water Quality Can Be Two Sides of the Same Coin. In: Amber Waves 3 (2005): Issue 4 (September).
- RICHARDS, K. R. et al. (2006): Agriculture and Forestlands: U.S. Carbon Policy Strategies. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- ROHIERSE, A. (2003): Regionale Darstellung der Umweltbelastungen durch klimarelevante Gase in der Agrarlandschaft Kraichgau – Das Boden-Landnutzungs-Informationssystem für Treibhausgasemissionen. Hohenheim: Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim.
- ROUGOOR, C. et al. (2001): Experiences with Fertilizer Taxes in Europe. In: Journal of Environmental Planning and Management 44. S. 877-887.
- ROUGOOR, C.; VAN DER WEIDEN, W. (2001): Toward a European Levy on Nitrogen. Utrecht: Center for Agriculture and the Environment.
- RUNGE, C. F. et al. (1989): International Agricultural and Trade Policy: A Political Economic Coordination Game. In: von Witzke, H.; Runge, C. F.; Job, B. (Eds.): Policy Coordination in World Agriculture. Kiel: Vauk.
- RUTTAN, V. W. (1980): Bureaucratic Productivity: The Case of Agricultural Research. In: Public Choice 35. S. 529-547.
- SCHAMEL, G.; ANDERSON, K. (2001): Wine Quality and Varietal, Regional, and Winery Reputation. Adelaide: Center for International Economic Studies, University of Adelaide.
- SCHÄFER, M. et al. (2004): "Modellierung klimarelevanter Emissionen aus der Landwirtschaft Baden-Württembergs" In: Dabbert, S. et al. (Hrsg.): Perspektiven der Landnutzung. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
- SCHMIDT, U. (1998): Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen und Umweltfaktoren auf Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Lössböden. In: Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 45.
- SCHOU, J. S. et al. (2000): Integrated Agrienvironmental Modelling: A Cost-effectiveness Analysis of Two Nitrogen Tax Instruments in the Vejle Fjord Watershed, Denmark. In: Journal of Environmental Management 58. S. 199-212.
- SCHUHMACHER, I. (1999): Versuchsbericht zur Lagerung von Gülle und Kofermenten im Rahmen des DBU-Vorhabens „Untersuchung der Emission direkt und indirekt klimawirksamer Spurengase (Ammoniak, Lachgas und Methan) nach Ausbringung von Kofermentationsrückständen sowie Entwicklung von Verminderungsstrategien“.
- SCHÜRER, E.; REITZ, P. (1998): Emissionen von Ammoniak und Lachgas. In: Landtechnik 53. S. 36-37.
- SOMMER, H. et al. (2001): Reduktion von Treibhausgasemissionen von Gülle und organischem Abfall durch Biogasbehandlung. In: DJF rapport 31 (Deutsche Übersetzung).
- STEINMÜLLER, H. et al. (1999): Einfluss von Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Ernährung auf das Klima. Studie im Auftrag der Landesregierung Niederösterreich. St. Pölten: Amt der Landesregierung Niederösterreich.



- STEINFELD, H. et al. (2006): *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Rome: FAO.
- STERN, N. (2007): *The Economics of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- TAUBE, F.; VERREET, J.-A. (2006): *Vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion auf ökologischen und konventionellen Praxisbetrieben in Schleswig-Holstein: Endbericht*. Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- TRUNK, W. (1995): *Ökonomische Beurteilung von Strategien zur Vermeidung von Schadgasemissionen bei der Milcherzeugung – dargestellt für Allgäuer Futterbaubetriebe*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2007): *Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgasemissionen*. In: [www.env\\_it.de/umweltdaten/public/theme/print.de?nodeIdent.3141](http://www.env_it.de/umweltdaten/public/theme/print.de?nodeIdent.3141) (28.06.2007).
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2006): *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2006: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2004*. Dessau: UBA.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2005a): *Data on the Environment: The State of the Environment in Germany, 2005 edition*. Dessau: UBA.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2005b): *Deutsches Treibhausgasinventar, 1990–2003*. Dessau: UBA.
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2003): *Klimaverhandlungen: Ergebnisse aus dem Kyoto-Protokoll, den Bonn Agreements und Marrakesh-Accords*. Dessau: UBA.
- UNFCCC (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE) (2007): *Kyoto Protocol to the United Nations Convention on Climate Change*. In: [www.unfccc.int/resource/docs/conckp/kpeng.html](http://www.unfccc.int/resource/docs/conckp/kpeng.html) (22.03.2007).
- UNITED NATIONS (2006): *The Millennium Goals Report 2006*. New York, NY: United Nations.
- USEPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) (2005): *Greenhouse Gas Mitigation Potential in U.S. Forestry and Agriculture*. Washington, DC: USEPA.
- VATN, A. et al. (1996): *Policies for Reduced Nutrient Losses and Erosion from Norwegian Agriculture*. In: *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, 23.
- VON WITZKE, H. (2007): *Landwirtschaft in der ökologischen Marktwirtschaft: Sicherung der Welternährung vs. Klimaschutz und Bioenergie*. Working Paper 80/2007. Berlin: Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin.
- VON WITZKE, H. (2003): *The Open Economy: International Trade Theory and Policy*. Berlin: MHSG.
- VON WITZKE, H.; LIVINGSTON, M. L. (1990a): *Transboundary Environmental Degradation and the Growing Demand for Institutional Innovation*. In: Greenshields, B. L.; Bellamy, M. A. (Eds.): *Government Intervention in Agriculture*. Brookfield, VT: Gower.
- VON WITZKE, H.; LIVINGSTON, M. L. (1990b): *Institutional Choice in Transboundary Pollution Control*. In: *Society and Natural Resources* 3. S. 159-171.
- VON WITZKE, H. et al. (2004): *Die gesamtwirtschaftliche Verzinsung der Pflanzenzüchtungsforschung in Deutschland*. In: *Agrarwirtschaft* 53 (2), S. 206-210.
- VON WITZKE, H. et al. (1993): *The Determinants of International Pollution: Empirical Evidence from CO<sub>2</sub> Emissions*. In: *Tulsa Law Journal* 28. S. 724-740.
- WEGENER, J.-K. (2006): *Treibhausgas-Emissionen in der deutschen Landwirtschaft: Herkunft und technische Minderungspotenziale unter besonderer Berücksichtigung von Biogas*. Göttingen: Georg-August-Universität.
- WEGENER, J. et al. (2006): *Potentieller Beitrag der Landwirtschaft zur Verminderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland*. In: *Agrarwirtschaft* 55 (4), S. 196-203.
- WICKE, L. (2005): *Beyond Kyoto – A New Global Climate Certification System*. Berlin: Springer.
- WTO (WORLD TRADE ORGANIZATION) (2002): *Agricultural Negotiations: Background Factsheet, 1.10.2002*. In: [www.wto.org/english/tratop\\_e/agric\\_e/agboxes\\_e.htm](http://www.wto.org/english/tratop_e/agric_e/agboxes_e.htm) (24.05.2007).
- WULF, S. et al. (2001): *Simultaneous Measurement of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> to Assess Efficiency of Trace Gas Emission Abatement after Slurry Applications*. In: *Phyton* 41. S. 131-142.

## Autoren

Prof. Dr. Dr. h.c. Harald von Witzke  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät  
Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus (WiSoLa)  
Fachgebiet Internationaler Agrarhandel und Entwicklung  
Sitz: Philippstr. 13, Haus 12  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin  
Tel.: +(49) – (0)30 – 20 93 62 33  
E-Mail: [hvwitzke@agrar.hu-berlin.de](mailto:hvwitzke@agrar.hu-berlin.de)  
[www.agrar.hu-berlin.de/struktur/institute/wisola/fg/ihe](http://www.agrar.hu-berlin.de/struktur/institute/wisola/fg/ihe)

Dr. Steffen Noleppa  
agripol – network for policy advice GbR  
Czarnikauer Str. 22  
10439 Berlin  
Tel.: +(49) – (0)30 – 24 72 44 03  
E-Mail: [noleppa@agripol.net](mailto:noleppa@agripol.net)  
[www.agripol.net](http://www.agripol.net)

## Abkürzungen

BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CoCo	Command and Control (Maßnahmen)
DBV	Deutscher Bauernverband
DüMV	Düngemittelverordnung
DüV	Düngeverordnung
GAK	Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes
EEA	European Environment Agency
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
ETS	Emissions Trade System (der Europäischen Union)
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
GWP	Global Warming Potential
IFIA	International Fertilizer Industry Association
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LEAD	Livestock, Environment and Development (Initiative)
NEAA	Netherlands Environmental Assessment Agency
NH <sub>4</sub>	Ammoniak
N <sub>2</sub> O	Lachgas, Distickstoffoxid
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WTO	World Trade Organization



Der WWF Deutschland ist Teil des World Wide Fund For Nature (WWF) - einer der größten unabhängigen Naturschutzorganisationen der Welt. Das globale Netzwerk des WWF ist in mehr als 100 Ländern aktiv. Weltweit unterstützen uns über fünf Millionen Förderer.

Der WWF will der weltweiten Naturzerstörung Einhalt gebieten und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Harmonie leben. Deshalb müssen wir gemeinsam

- die biologische Vielfalt der Erde bewahren,
- erneuerbare Ressourcen naturverträglich nutzen und
- die Umweltverschmutzung verringern und verschwenderischen Konsum eindämmen.

#### **WWF Deutschland**

Rebstöcker Straße 55  
60326 Frankfurt am Main

Tel.: 069 / 7 91 44 - 0  
Fax: 069 / 61 72 21  
E-Mail: [info@wwf.de](mailto:info@wwf.de)

