



Verband Deutscher Landwirtschaftlicher  
Untersuchungs- und Forschungsanstalten

# 121. VDLUFA-KONGRESS

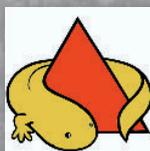
## Kongressband

### Teil 1

## Grussworte & Plenartagung

Generalthema:

**Produktivität und  
Umweltschonung  
in der Landwirtschaft –  
ein Widerspruch?**



Der Kongress wird vom VDLUFA in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe und dem Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe, durchgeführt.





© 2009 by VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung vorbehalten.

Herausgeber:

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Obere Langgasse 40, D-67346 Speyer, Telefon: 06232 / 136121, Fax: 06232 / 136122, E-Mail: info@VDLUFA.de

Verlag:

VDLUFA-Verlag, Obere Langgasse 40, D-67346 Speyer  
Telefon: 06232 / 136121, Fax: 06232 / 136122, E-Mail: info@VDLUFA.de

Redaktionskomitee:

Dr. R. Gutser, Prof. Dr. M. Kruse, Prof. Dr. H. Schenkel, Prof. Dr. T. Ebertseder,  
Prof. Dr. F. Wiesler

Endredaktion und herstellerische Betreuung:

Dr. H.-G. Brod, c/o LUFA Speyer, Obere Langgasse 40, D-67346 Speyer  
Telefon: 06232 / 136121, Fax: 06232 / 136122, E-Mail: info@VDLUFA.de

Herstellerische Betreuung und Layout:

T. Dräger, Obere Langgasse 40, D-67346 Speyer  
Telefon: 06232 / 136121, Fax: 06232 / 136122, E-Mail: info@VDLUFA.de

Die inhaltliche, orthographische und grammatikalische Verantwortung liegt beim Autor.

Druck:









## **Grußwort des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum des Landes Baden-Württemberg**

MinRT. Berrer

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich freue mich, dass der VDLUFA-Kongress innerhalb so kurzer Zeit bereits zum zweiten Mal in Baden stattfindet. 2006 haben Sie 150 km südlich von Karlsruhe, in der Universitätsstadt Freiburg getagt. Nun könnte ich mutmaßen, es liegt an der guten badischen Küche oder den badischen Weinen, die Sie wieder in unsere sonnenverwöhnte Region kommen lässt. Insofern wäre dies ein lebendiger Beweis für die besondere Gastfreundschaft unseres Landes, die ja in einem engen Zusammenhang mit unseren landwirtschaftlichen Erzeugnissen steht. Denn unsere regionale Gastronomie profitiert in besonderer Weise von den vielfältigen und qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln unserer heimischen Landwirtschaft.

Doch abgesehen von den kulinarischen Vorteilen, die unsere badischen Tagungsorte zweifelsohne bieten, steht der diesjährige Kongress in Karlsruhe unter einem ganz besonderen Stern: für das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) ist dieses Jahr ein besonderes Jahr: es feiert sein 150-jähriges Jubiläum.

Man schrieb das Jahr 1859, als der aus dem badischen Kehl stammende, 32-jährige Chemiker, Prof. Julius Neßler hier in Karlsruhe die „Agricurchemische Versuchsstation“ gründete und den Grundstein für das heutige LTZ legte. Für ein auch für damalige Verhältnisse bescheidenes Salär von 1.500 Gulden richtete er in seinem Privathaus in Karlsruhe in der Rüppurrer Straße ein Labor für Analysen und Untersuchungen ein. Aufgrund seiner fachlichen und kommunikativen Kompetenz machte er sich bald über die Region Baden hinaus einen Namen. Er gilt bis heute als Pionier in seinem Bemühen um einen Ideen- und Erfahrungsaustausch der damals noch jungen landwirtschaftlichen Versuchsstationen in Deutschland. 1888 lud er deren Vorstände nach Karlsruhe ein, um über einheitliche Untersuchungsmethoden für Futter- und Düngemittel sowie für Wein und Saatgut zu beraten. Diese Zusammenkunft gilt als Startschuss des VDLUFA. Insofern steht der VDLUFA in der Tradition der Stadt Karlsruhe und hat einen unmittelbaren Bezug zum diesjährigen 150-jährigen Jubiläum des LTZ.

Und in zweiter Hinsicht befinden wir uns noch in einem Jubiläumsjahr: Vor 50 Jahren im Jahr 1959 tagte der VDLUFA zum 100. Geburtstag der LUFA Augustenberg, auch zum 125. Jubiläum war der VDLUFA im Jahr 1984 wieder in Karlsruhe. Wenn wir das letzte Vierteljahrhundert seit 1984 Revue passieren lassen, dann ist eine Menge passiert - ja man könnte sagen, die Welt ist eine andere geworden. In dieser Zeit: ist der Computer in unseren privaten und beruflichen Alltag eingekehrt: die Telekommunikation hat mit den Mobiltelefonen die Welt revolutioniert, das Internet stellt Informationen in einem noch nie gekannten Ausmaß bereit und die Globalisierung hat den Welthandel und die Mobilität der Menschen vorangebracht.

Vor wenigen Jahren noch völlig unvorstellbar, ist heute auch die landwirtschaftliche Produktion von den globalen Märkten abhängig. Parallel dazu sind die Landwirte mit einer weiter sinkenden Bereitschaft zur Stützung der Agrarmärkte konfrontiert. Kurz gesagt: Noch nie war der Landwirt so sehr Unternehmer wie heute.

Doch auch in fachlichen Fragen stehen wir an einem ganz anderen Punkt als vor 25 Jahren.

Lassen Sie mich an dieser Stelle einige Ereignisse in Erinnerung rufen:

### **Reaktorunfall in Tschernobyl**

Das Jahr 1986 stand im Zeichen des Tschernobyl-Reaktorunfalls. Die Bevölkerung war um ihre Gesundheit sowie die Sicherheit und Unbedenklichkeit der Nahrungsmittel sehr besorgt und zugleich verunsichert. Während unsere französischen Nachbarn auf der anderen Rheinseite angesichts der radioaktiven Wolke einigermaßen gelassen blieben, waren die Medien und die Öffentlichkeit in Deutschland in höchstem Maße sensibilisiert und auf umfassende Aufklärung bedacht. Deshalb waren wir froh, auf die gut ausgestatteten Laboratorien der damaligen LUFA und die Fach- und Sachkompetenz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zur Untersuchung der Radionukleide zurückgreifen zu können. Vor allem dank der schnellen und exakten Untersuchungsergebnisse hatte die Politik eine solide Entscheidungsgrundlage und konnte eine angemessene Informationspolitik betreiben.

### **Grundwasserschutz**

Eine Pionierrolle auf dem Weg zu einer nachhaltigen und langfristigen Entwick-

lung im landwirtschaftlichen Grundwasserschutz nahm Baden-Württemberg mit der Einführung der sogenannten Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) im Jahr 1988 ein. Mit ihr wurden für die Landwirte Bewirtschaftungsauflagen und der notwendige Ausgleich für die damit einhergehenden ökonomischen Nachteile landeseinheitlich geregelt. Die SchALVO gilt bis heute weit über Baden-Württemberg hinaus als Meilenstein im Grundwasserschutz. Ziel der SchALVO war und ist der Schutz des Grundwassers vor Beeinträchtigung durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft. Landwirte mit Flächen in Wasserschutzgebieten durften ab 1988 nur noch unter Auflagen wirtschaften, die deutlich über die Vorgaben der ordnungsgemäßen Landwirtschaft hinausgingen. Daraus resultierende ökonomische Nachteile wurden finanziell ausgeglichen. Zugleich wurde die Wirksamkeit und Einhaltung der Auflagen seitens des Landes vom ersten Tag an intensiv kontrolliert. Anfang des neuen Jahrtausends haben wir mit der Novellierung der SchALVO die unterschiedliche Belastung der Wasserschutzgebiete stärker berücksichtigt und inzwischen gewonnene Erkenntnisse hinsichtlich einer grundwasserschonenden Bewirtschaftung integriert.

Heute, gut 20 Jahre nach Einführung der SchALVO, zeigen die Erfolge, dass der von Baden-Württemberg eingeschlagene Weg der richtige war. Die vormalige LUFA Augustenberg - das heutige LTZ - und mit ihm auch der VDLUFA waren für uns über die Jahre hinweg mit Fachkompetenz und Sachverstand wertvolle Begleiter dieses Prozesses.

Die Diskussion über die Maßnahmen zum Grundwasserschutz im VDLUFA haben wesentlich dazu beigetragen, auch auf Bundesebene zu Weiterentwicklungen des Fachrechtes zu kommen. So leisten heute etwa die Regelungen der Düngeverordnung einen wesentlichen Beitrag zum flächendeckenden Grundwasserschutz.

Aktuell ist die Europäische Wasserrahmenrichtlinie beim Wasserschutz in den Mittelpunkt gerückt. In Baden-Württemberg werden wie in anderen Bundesländern große Anstrengungen unternommen, um die Vorgaben der Richtlinie gemeinsam mit allen Beteiligten umzusetzen und ihre sehr ehrgeizige Ziele zu erreichen. Dies kann nur gelingen, wenn Politik und Betroffene in Fachfragen Ansprechpartner haben, die objektiv, vertrauenswürdig und ohne ideologische Scheuklappen Stellung beziehen und Wege aufzeigen. Im VDLUFA und seinen Mitgliedsinstitutionen sehe ich solche Partner.

## **Bodenschutz**

Auch beim Bodenschutz sind wir im letzten Vierteljahrhundert gut vorangekommen. Mit seinem Bodenschutzprogramm des Jahres 1986 und dem deutschlandweit ersten Landesbodenschutzgesetz von 1991 war Baden-Württemberg von Beginn an dabei, noch bevor der Bund 1998 das Bundes-Bodenschutzgesetz und 1999 die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung erlassen hat.

Ich erinnere mich, dass Sie Mitte der 80iger Jahre intensiv über die Begrenzung der Schwermetalleinträge und die Klärschlammproblematik diskutiert haben. Tatsächlich bestand Handlungsbedarf, denn es galt aus Gründen des Bodenschutzes, der Sicherung der Nahrungsmittelqualität und zur Gesundheitsvorsorge Grenzwerte für die Böden und Klärschlämme festzulegen. Der Standpunkt des VDLUFA hat die letztendlich in die Novellierung der Klärschlammverordnung des Bundes 1992 aufgenommen verschärften Werte maßgeblich beeinflusst - damit stand aus damaliger Sicht ein Regelwerk für die geordnete landwirtschaftliche Klärschlammverwertung zur Verfügung. Ich sage bewusst aus damaliger Sicht, denn Sie wissen alle, dass die Klärschlammverwertung bis heute kontrovers diskutiert wird und es in den Ländern zu diesem Thema unterschiedliche Auffassungen gibt.

In Fragen der landbaulichen Verwertung von Sekundärrohstoffen wie etwa Grünguthäckseln oder Komposten haben die Arbeiten des VDLUFA insbesondere zur Qualitätssicherung geradezu die Voraussetzungen geschaffen, dass die Landwirtschaft mit der Verwertung dieser Stoffe einen wichtigen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschonung leisten kann. In Bezug auf Kompost wurden die Bedingungen für eine nachhaltige Verwertung später u.a. in einem DBU-Verbundprojekt unter Beteiligung der LUFA Augustenberg intensiv untersucht.

In Baden-Württemberg gibt es aufgrund seiner Topographie und seiner Böden Regionen, in denen bei ackerbaulicher Nutzung eine erhebliche Erosionsgefährdung besteht. Beispielhaft nenne ich hier den Kraichgau vor den Toren Karlsruhes. Unter dem Eindruck einiger gravierender Erosionsereignisse wurden schon früh Maßnahmen sowohl auf dem Wege der Beratung als auch über die Förderung von Investitionen, wie etwa Direktsaatgeräten, eingeleitet. Diese Maßnahmen basierten auf Erkenntnissen aus Versuchen und anwendungsorientierter Forschung und wurden auch in der Umsetzung wissenschaftlich begleitet. Der

wichtigste Baustein zur Umsetzung des landwirtschaftlichen Bodenschutzes in Baden-Württemberg ist der Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich, kurz MEKA-Programm, geworden. Für Erosionsschutzmaßnahmen, wie beispielsweise die Begrünungen oder die Mulch- und Direktsaat ist in keinem anderen Bundesland die Akzeptanz so hoch wie in Baden-Württemberg. Ohne die Vorarbeiten der angewandten Forschung, auch wie sie auch vom LTZ geleistet wurden, wären diese Erfolge nicht denkbar. Zahlreiche Landwirte ließen sich von den Vorteilen konservierender Bodenbearbeitungsverfahren überzeugen und führen diese seit Jahren erfolgreich durch, ohne dass es dazu Cross Compliance-Regelungen bedurft hätte.

## **BSE**

Die Mitte der 90er-Jahre war von der Diskussion um BSE geprägt. Bilder von torkelnden und taumelnden Rindern verunsicherten die Verbraucherinnen und Verbraucher an den heimischen Bildschirmen. Es entbrannte eine erregte und teilweise unsachliche Debatte über die möglichen Gefahren für die menschliche Gesundheit. Neu war, dass das Thema Ernährungskrise erstmals nicht vor dem Hintergrund des Mangels, sondern der möglichen Risiken für Mensch und Tier diskutiert wurde. Von nun an sollte die Bevölkerung die Landwirte nicht mehr nur als Lieferant sondern auch als entscheidenden Faktor, ja den entscheidenden Faktor bei der Erzeugung gesunder und unbedenklicher Nahrungsmittel sehen.

Auch in Baden-Württemberg erfasste uns die BSE-Krise im Jahr 2000 mit voller Wucht. Die damalige LUFA war für das Ministerium im Kontext der damaligen Ereignisse ein unverzichtbarer Stützpfiler. Unter großem Einsatz untersuchten die Fachleute Futtermittel auf tierische Bestandteile und lieferten zeitnah die notwendigen Daten und Fakten, auf deren Grundlage wir die notwendigen Maßnahmen einleiten konnten.

Meine Damen und Herren, mit dem Blick auf die letzten 25 Jahre Agrarpolitik in Baden-Württemberg und Agrarforschung im Verbund des VDLUFA wird deutlich, wie sich die Aufgaben und Fragestellungen verändert haben. Sie haben auf der einen Seite an Komplexität gewonnen, erfordern aber auf der anderen Seite eine immer höhere Spezialisierung. Schaut man sich über die Jahre hinweg Themen und fachliche Inhalte der Arbeitsgruppen des VDLUFA an, dann wird diese Entwicklung offensichtlich und belegt, dass Sie stets „am Puls der Zeit“ arbeiten und wirken.

Meine Damen und Herren, heute stehen wir in der Landwirtschaft vor ganz neuen Herausforderungen: wir sind mit dem Wissen um die Endlichkeit der fossilen Rohstoffe, aber auch der mineralischen Nährstoffe, z.B. Phosphor, konfrontiert, wir müssen uns mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die landwirtschaftliche Produktion und mit dem Ressourcenschutz befassen.

Aber auch die weiter wachsende Weltbevölkerung und der damit verbundene steigende Nahrungsmittelbedarf zwingt uns zum Nachdenken und Handeln.

Im 21. Jahrhundert haben wir uns folglich mehr denn je mit der Frage der Anpassungsstrategien der Landwirtschaft an sich ändernde ökonomische, ökologische und soziale Rahmenbedingungen auseinanderzusetzen. Gerade hier sind die Problemlösungskompetenz und das Wissen der Fachleute im Netzwerk des VDLUFA unverzichtbar. Denn der Spagat, bei den höchsten Umweltstandards zu Dumpingpreisen zu produzieren, ist so nicht zu schaffen. Zur Lösung dieses Zielkonfliktes bedarf es neben fundierten wissenschaftlichen Erkenntnissen vor allem einer gesunden Portion Realitätssinn.

Beides ist im VDLUFA vereint. Sein Gespür und seine Offenheit für neue (Zukunfts-) Themen, hat er im Laufe seiner Geschichte wiederholt bewiesen. Ein aktueller Beleg dafür ist beispielsweise, dass der Umwelt- und vorbeugende Verbraucherschutz auch bei den Aktivitäten des VDUFA in den letzten Jahren immer mehr zum Thema wurde, ohne dabei die Anliegen der Landwirtschaft außer Acht zu lassen.

Wie schnell Forschungsaktivitäten in den Mittelpunkt der negativen öffentlichen Wahrnehmung rücken können, haben wir im Bund und in Baden-Württemberg bei der Diskussion um die grüne Gentechnik erfahren. So konnten die Versuche des LTZ in Rheinstetten-Forchheim nur mit aufwändigen Sicherheitsmaßnahmen, schützenden Zäunen und dem enormen persönlichen und zeitlichen Einsatz der dort Beschäftigten durchgeführt werden. Zwar wurden die Anbauversuche mit MON810 im April aufgrund der bundespolitischen Entscheidung eingestellt, doch sind wir nach wie vor davon überzeugt, dass wir in Deutschland und Baden-Württemberg sichere und objektive Daten und Fakten zur Gentechnik brauchen, um uns als Forschungsstandort und auf den globalen Märkten zu behaupten. Dies müssen wir gegenüber der Öffentlichkeit noch überzeugender kommunizieren.

Meine Damen und Herren, zukünftig haben wir uns mehr denn je den Herausforderungen zu stellen, die an unsere Landwirtschaft herangetragen werden. Diese manifestieren sich entsprechend dem Generalthema des Kongresses im Spannungsfeld zwischen Produktivität und Umweltschonung. Ich bin sicher, dass dieser Konflikt lösbar ist. Zur Bewältigung der Zukunftsaufgaben bedarf es allerdings eines Bekenntnisses zum technischen Fortschritt und vor allem einer innovativen, praxis- und problemorientierten Agrarforschung, wie sie der VDLUFA unterstützt.

In diesem Sinne bedanke ich mich für die im VDLUFA geleistete Arbeit und wünsche Ihnen im eigenen Interesse weiterhin viel Erfolg und gutes Gelingen bei Ihren Aktivitäten sowie lebhafte Diskussionen und einen schönen Aufenthalt in Karlsruhe.

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit.



## **Grußwort des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

MinRF. Cramer

Sehr geehrter Herr Präsident Wiesler, sehr geehrter Herr Kollege Berrer, meine sehr geehrten Damen und Herren!

Zu Ihrem Kongress überbringe ich Ihnen die herzlichen Grüße des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und gratuliere Ihnen, sehr geehrter Herr Direktor Dr. Haber zum 150jährigen Jubiläum des LTZ, vormals LUFA.

Frau Bundesministerin Ilse Aigner hat gern die Schirmherrschaft über den 121. VDLUFA-Kongress übernommen. Sie schätzt Ihre Arbeit für die Landwirtschaft in Deutschland hoch ein und sieht darin ein wichtiges Element, Forschungsergebnisse auf hohem Niveau zusammenzutragen, zu diskutieren und der Öffentlichkeit transparent zu machen.

Für die Einladung zu Ihrem Jahreskongress danke ich sehr – ich bin ihr gerne gefolgt! Herr Ministerialdirektor Dr. Wendisch als zuständiger Abteilungsleiter wäre gerne selbst nach Durlach gekommen – zu seinem Bedauern ist ihm dies wegen anderweitiger Verpflichtungen nicht möglich. Somit habe ich das Vergnügen in diesen beeindruckenden Festsaal des Schlosses Karlsburg, ein Grußwort zu Ihnen sprechen zu dürfen.

Ihr jährlicher Kongress ist für die Politikberatung stets eine gute Gelegenheit zum fachlichen Austausch mit der landwirtschaftlichen Wissenschaft und Forschung. Das diesjährige Generalthema Produktivität und Umweltschonung in der Landwirtschaft – ein Widerspruch? lädt zu interessanten Diskussionen ein.

Unter Produktivität könnte zunächst nur die Fähigkeit verstanden werden, Erzeugnisse zu erstellen. Landwirtschaft – der Name drückt es bereits aus – ist aber ein Wirtschaftsbereich, und damit ökonomischen Betrachtungsweisen zugänglich. Hier kommt die wirtschaftliche Sichtweise zum Tragen, die unter Produktivität das Verhältnis produzierter Menge zu der dafür eingesetzten Menge an Produktionsmitteln sieht. Produktivität als Output-Input-Relation

wird somit zum Maßstab für den effizienten Einsatz von Betriebsmitteln, Arbeit oder Fläche.

Eine hohe **Produktivität** steht damit per se nicht im Widerspruch zur **Umweltschonung** – im Gegenteil, es liegt beispielsweise gerade im Interesse der Umwelt, mit einem bestimmten Einsatz an Düngemitteln einen möglichst hohen Ertrag zu erzielen. Nun sind die einzelnen Produktionsfaktoren nicht unabhängig voneinander.

Gesellschaftspolitisch von Interesse ist – gerade in wirtschaftlich schwierigen Zeiten – das wechselseitige Verhältnis von Kapitalproduktivität zur Arbeitsproduktivität. Durch den Einsatz von Kapital – sprich Maschinen – lässt sich die Arbeitsproduktivität erheblich steigern. Die verschiedenen Phasen der Industrialisierung machen das anschaulich. In der Landwirtschaft ist sicherlich die Flächenproduktivität von großer Wichtigkeit. Ihre Bedeutung wird bei einer wachsenden Weltbevölkerung und praktisch nicht vermehrbare Fläche zunehmen.

Die Flächenproduktivität ist damit nicht vom Umfang des „eingesetzten“ Bodens abhängig – sondern vor allem von seiner (natürlichen) Fruchtbarkeit und der Intensität seiner Nutzung. Ergibt sich daraus eine Bedrohung der Umwelt? Entscheidend für die Beantwortung dieser Frage ist, wie produktiv die übrigen Betriebsmittel eingesetzt werden. Daher befasst sich beispielsweise der Wissenschaftliche Beirat für Düngungsfragen, in dem Ihr Verband – nicht zuletzt durch Sie, verehrter Herr Präsident – gut vertreten ist, aktuell mit der Frage, ob und wie die Effizienz des Stickstoffeinsatzes weiter gesteigert werden kann. Ich bin gespannt, welche Ansätze zur umweltschonenden Produktivitätssteigerung die Wissenschaft sieht.

Meine Damen und Herren, sinnvolles wirtschaftliches Handeln vollzieht sich in einem rechtlichen Rahmen, der ökologische, ökonomische und soziale Belange zu berücksichtigen hat. Wir möchten, dass bei uns Landwirtschaft betrieben werden kann, die den Betrieben eine Existenzgrundlage bietet und die natürlichen Ressourcen schont. Um dies unter sich ändernden Rahmenbedingungen sicher zu stellen, brauchen wir aktuelle Forschungsergebnisse, wie sie der VDLUFA und seine Mitglieder generieren.

Öffentlich geförderte Forschungsprojekte haben in der Regel sowohl Ertrags-

als auch Umweltwirkungen zu untersuchen. Ihre Ergebnisse fließen entweder in Ausbildungs- und Beratungsmaßnahmen ein oder sind Grundlage für Förderprogramme, z.B. Agrarumweltmaßnahmen. Sie werden aber auch benötigt, wenn sich - als Ultima Ratio - ordnungsrechtliche Instrumente, also fachrechtliche Ansätze der guten fachlichen Praxis als geboten erweisen.

Ein aktuelles Projekt, in dem die Expertise des VDLUFA zum Tragen kommt, ist die Überprüfung der Grundlagen der Humusbilanzierung, die in die Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung übernommen wurde. Ziel ist es u.a., die Erfahrungen mit der bisherigen Vorschrift zu beleuchten und Lücken, beispielsweise die Bewertung von Biogas-Gärresten zu schließen. Das landwirtschaftliche Fachrecht und seine wissenschaftlichen Grundlagen sollen – der Blick in das Tagungsprogramm zeigt es – auch während dieses Kongresses auf den Prüfstand kommen. Stärker als früher sieht sich auch der Landwirt heute der Frage ausgesetzt, welche Folgen aus seinen Bewirtschaftungsweisen auf dem Acker entstehen.

Effizienz und Umweltschonung in der Landwirtschaft werden weiter an Bedeutung gewinnen. In diesem Zusammenhang müssen wir uns aber auch der Frage stellen,

- ob eine extensive Erzeugung umweltschonender ist und letztlich,
- ob wir es uns auf die Dauer leisten können, auf ertragreichen Böden Landwirtschaft mit geringer Produktivität zu betreiben.

Ich bin sehr gespannt auf die folgenden Fachvorträge und ich bin sicher, auch auf dem 121. VDLUFA-Kongress werden Antworten und Lösungsansätze vorgestellt werden.

Meine Damen und Herren, der VDLUFA leistet Maßgebliches für die landwirtschaftliche Forschung. Sie verfügen mit Ihren Fachgruppen über hochrangige, hochmotivierte Experten. Sie decken damit wichtige Fragestellungen u.a. aus den Bereichen Boden, Düngung und Saatgut sowie der Tierernährung, der Produktqualität und der Umweltanalytik ab. Der VDLUFA sorgt für methodische Einheitlichkeit im Vorfeld weiterführender Arbeiten. Sie zeigen die Grenzen der Einsatzbereiche von Messverfahren auf. Sie schaffen damit eine geprüfte, verlässliche Basis für Erkenntnisgewinn.

Sie haben diese Verfahren in einem eigenen Methodenbuch zusammengefasst und herausgegeben. Für diese Aufgaben ist mehr als nur wissenschaft-

liche Neugier notwendig. Sie erfordern mühevollle Kleinarbeit, die Zeit braucht und gründlicher wissenschaftlicher Diskussion bedarf. Um diese Diskussion zu fördern, unterstützt das BMELV auch Ihren diesjährigen Kongress.

Erlauben Sie mir zum Ende meiner Ausführungen noch eine Anmerkung, die nicht unmittelbar zum Generalthema gehört: Der neue „Auftritt“ des VDLUFA in Gestalt der VDLUFA-Mitteilungen und des Programmheftes zu diesem Kongress, gefallen mir ausgesprochen gut. Sie haben – ohne Ihre Tradition „über Bord zu werfen“ das etwas – bitte verzeihen sie den Ausdruck – angestaubte Image abgestreift und zeigen Ihren Verband modern und in die Zukunft gewandt.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen, sehr geehrter Herr Präsident, meine Damen und Herren, einen erfolgreichen Kongress mit viele nützlichen Diskussionen innerhalb und außerhalb der Tagungsräume.

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit.

## **Produktivität und Umweltschonung in der Landwirtschaft – ein genereller Widerspruch?**

H. Flessa

Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig

### **Einleitung**

Die primäre Aufgabe der Landwirtschaft besteht in der nachhaltigen Ernährungssicherung durch die Produktion qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel. Hinzu kommt die Erzeugung von Rohstoffen für die stoffliche und energetische Verwertung. Mit der landwirtschaftlichen Produktion sind zwangsläufig ein Eingriff in den Stoffhaushalt von Agrarlandschaften und die Beeinflussung natürlicher Ressourcen verbunden. Darüber hinaus werden auch naturnahe Ökosysteme beeinflusst und globale Stoffkreisläufe verändert. In Anbetracht des erwarteten Anstiegs der Weltbevölkerung von derzeit rund 6,9 Milliarden Menschen auf 9,2 Milliarden im Jahre 2050 (UN, 2008) und der starken Zunahme der Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft (FAO, 2006) ist davon auszugehen, dass innerhalb der nächsten 40 Jahre eine Verdopplung der Nahrungsproduktion erforderlich ist, um die steigende Nachfrage zu decken. Da hierfür nur eine begrenzte landwirtschaftliche Nutzfläche zur Verfügung steht, ist eine Steigerung der Produktivität erforderlich. Dies ist einerseits eine Herausforderung für die Landwirtschaft im Sinne der Produktionssteigerung, andererseits werden die Fragen der Nachhaltigkeit der Produktion und des effizienten Umgangs mit knapper werdenden Ressourcen immer dringlicher.

Es gibt Anforderungen des Umwelt- und des Artenschutzes, die nicht oder nur eingeschränkt mit einer intensiven Agrarproduktion in Einklang zu bringen sind und eine Flächennutzung erfordern, die nicht primär an der Erzeugung von Agrarprodukten ausgerichtet ist. Diese Belange dürfen trotz des steigenden Bedarfs an Nahrungsmitteln nicht vernachlässigt werden. Im Gegenteil, sie gewinnen gerade bei steigender Intensität der Landnutzung zunehmend an Bedeutung und der Landwirt übernimmt in diesen Fällen oft die Aufgaben des Landschaftspflegers und Artenschützers.

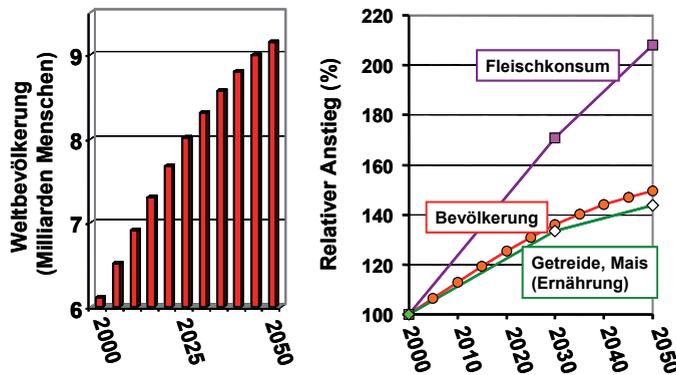


Abb. 1: Erwartete Zunahme der Weltbevölkerung bis zum Jahr 2050 (links) sowie Prognose des relativen Anstiegs der Nachfrage nach Getreide und Mais sowie Fleischprodukten bis zum Jahr 2050 (rechts) (UN, 2008; FAO, 2006).

In diesem Beitrag wird hinterfragt, ob es in produktionsorientierten Agrarsystemen einen generellen Widerspruch zwischen Produktivität und Umweltschonung gibt. Diese Frage wird am Beispiel des Klimaschutzes diskutiert.

### Indikatoren zur Bewertung der Atmosphärenbelastung durch die Landwirtschaft

Tab. 1: Indikatoren zur Bewertung der Treibhausgasemission aus der Landwirtschaft

Indikator	Einheit	Anwendung
Gesamtemission eines Sektors	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [kg]	Nationale Emissionsberichterstattung, sektorale Emissionsbetrachtung, absolute Emissionsreduktionsziele
Emission pro Fläche	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [kg ha <sup>-1</sup> ]	Ableitung von düngungsinduzierten Emissionen und Emissionsfaktoren, Vergleich von Landnutzungsarten und Standorten
Emission pro Tier	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [kg Tier <sup>-1</sup> ]	Ableitung von Emissionen aus der Tierhaltung, Vergleich von Haltungs- und Produktionsformen
Emissionen pro Ertrag	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [kg Ertrags-einheit <sup>-1</sup> ]	Effizienz der Produktion unter Berücksichtigung des Klimaschutzes („Klimaeffizienz der Produktion“)

Die landwirtschaftliche Produktion verursacht Emissionen klima- und umweltrelevanter Gase (z.B.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ). Für die Bewertung der Atmosphärenbelastung sowie für die Ableitung von Reduktionszielen und Minderungsstrategien werden verschiedene Bezugsgrößen verwendet, die unterschiedliche Informationen bieten (Tabelle 1).

In Anbetracht des steigenden Bedarfs an Nahrungsmitteln ist die Landwirtschaft gefordert, Lebensmittel in ausreichender Menge und hoher Qualität zu erzeugen und dies bei möglichst hoher Ressourceneffizienz und geringen produktbezogenen klima- und umweltbelastenden Stoffausträgen. Entsprechend müssen Produktionsverfahren unter Berücksichtigung des Klimaschutzes bewertet und optimiert werden. Der Bezug der Emissionen auf den Ertrag ( $\text{CO}_2$ -Äquivalente pro Ertragseinheit<sup>1</sup>) gibt Auskunft über die Effizienz der Produktion hinsichtlich der Minimierung der Atmosphärenbelastung (kurz: „Klimaeffizienz der Produktion“). Das bedeutet nicht, dass die anderen in Tabelle 1 aufgeführten Indikatoren keine wertvollen Informationen über die Treibhausgasemissionen aus dem Bereich der Agrarproduktion und Landnutzung bieten. Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass auch diese Indikatoren spezifische Anwendungsbereiche haben. Für die Optimierung von Produktionsprozessen unter Berücksichtigung des Klimaschutzes ist jedoch die ertragsbezogene Gesamtemission das geeignete Bewertungskriterium. Da die Gesamtemission aus der Landwirtschaft bei einer Verdopplung der Nahrungsmittelproduktion erheblich zunehmen wird, ist eine Verbesserung der Klimaeffizienz der Produktion ein vordringliches Ziel. Hier sei darauf hingewiesen, dass die Klimaeffizienz der Produktion nur einen Teilaspekt der Umweltwirkungen der Landwirtschaft beleuchtet und eine umfassendere Bewertung der Umweltwirkung nur auf der Basis mehrerer Agrar-Umweltindikatoren erfolgen kann (OECD, 2000).

### **Produktivität in der Pflanzenproduktion und Treibhausgasemissionen**

Die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus der Landwirtschaft stammen überwiegend aus der Stickstoffdüngung, der Bereitstellung von N-Dünger, der Mineralisation von Ernteresten und Humus, dem Austrag gelöster und gasförmiger reaktiver N-Verbindungen (z.B.  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{NH}_3$ ) sowie aus dem Wirtschaftsdüngermanagement. Schlüssel für eine geringe ertragsbezogene  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission ist eine effiziente N-Verwertung im Produktionsprozess bei hohem Ertragsniveau. Die Frage, ob mit steigenden Erträgen die ertragsbezogene Atmosphärenbe-

lastung zunimmt, lässt sich nicht generalisierend beantworten, da die Höhe bodenbürtiger  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen regional sehr unterschiedlich ist (Jungkunst et al., 2006). Für die nationale Emissionsberichterstattung wird eine Abschätzung direkter bodenbürtiger  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission anhand des N-Eintrags mittels Handels- und Wirtschaftsdünger, dem Stickstoff in Ernterückständen sowie der N-Freisetzung durch Humusabbau empfohlen, wobei eine  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emission in Höhe von 1% des N-Eintrags bzw. der N-Freisetzung (im Falle des Humusabbaus) angenommen wird (IPCC, 2006). Bereits dieser vereinfachende Ansatz weist darauf hin, dass es nicht nur die Höhe der N-Düngung ist, die die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission bestimmt. Experimentelle Arbeiten zeigen, dass die Höhe der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission enger mit der mittleren Nitratverfügbarkeit im Boden korreliert als mit der Höhe des N-Eintrags (Abbildung 2, Ruser et al., 2001). Mit abnehmender Ausnutzung des N-Düngers steigt daher die Gefahr der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission an (Van Groenigen et al., 2004). N-Überschüsse und Düngerapplikationen, die nicht ertragswirksam sind, führen zu hohen ertragsbezogenen Gesamtemissionen.

Einfacher ist die Bewertung der Emissionen, die mit der Produktion von N-Dünger verknüpft sind. Hier ergibt sich ein linearer Anstieg der Atmosphärenbelastung (sowohl durch  $\text{CO}_2$  als auch durch  $\text{N}_2\text{O}$ ) mit der Höhe der Düngeraufwendung. Ein ineffizientes N-Management erhöht die ertragsbezogenen Emissionen daher in doppelter Weise, einerseits durch erhöhte bodenbürtige Emissionen und andererseits durch die Emissionen der Düngemittelbereitstellung. Die Klimateffizienz wird letztlich durch den Ertrag sowie die Gesamtemission an Treibhausgasen im Zuge des gesamten Produktionsprozesses bestimmt. Eine hohe Produktivität kann folglich durchaus ein Beitrag zum Klimaschutz sein, wenn sie auf einer effizienten N-Ausnutzung und relativ geringen energetischen Aufwendungen basiert. Ertragssteigerungen bieten besonders in Regionen mit extensiver Produktion und Erträgen, die weit unter dem Ertragspotenzial liegen, die Möglichkeit, die Klimateffizienz zu steigern. In hoch produktiven Systemen sind es oft die Vermeidung von N-Überschüssen und die Steigerung der N-Effizienz, die das größte Potenzial zur Verbesserung der Klimateffizienz bieten. Die N-Flächenbilanzsalden in Deutschland zeigen, dass besonders in Regionen mit intensiver Veredelungswirtschaft eine Reduktion von N-Überschüssen dringend erforderlich ist (Abbildung 3). Die konsequente Umsetzung der Düngeverordnung, die eine Reduktion der Bilanzüberschüsse auf  $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (im Durchschnitt der Düngejahre 2009-2011) vorgibt, wird dazu beitragen, die Klimateffizienz der Produktion zu steigern.

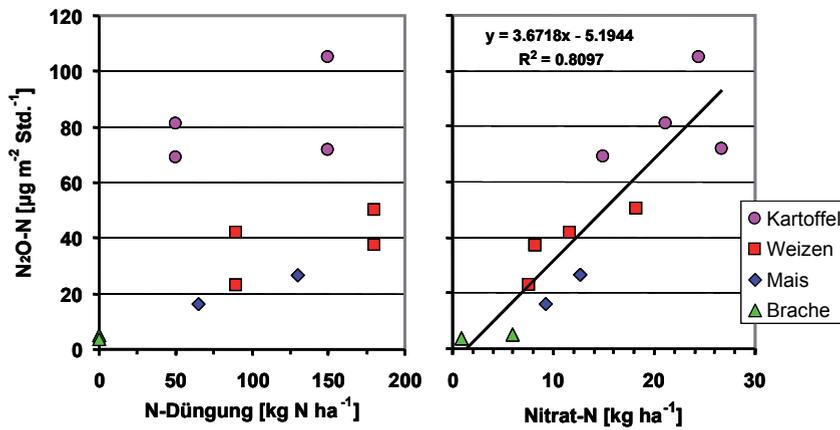


Abb. 2: Beziehung zwischen den mittleren N<sub>2</sub>O-Emissionsraten aus Ackerkulturen und der Höhe der N-Düngung (links) sowie den mittleren Bodennitratgehalten (in 0-30 cm) (rechts) (Ruser et al., 2001).

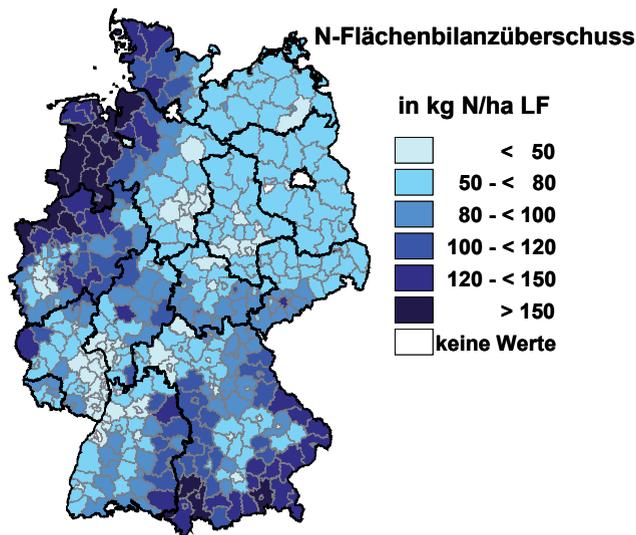


Abb. 3: Regional differenzierte N-Flächenbilanzüberschüsse in Deutschland (ohne N-Deposition, ohne Abzug von NH<sub>3</sub>-Emissionen) (Osterburg, 2008).

Eine bewirtschaftungsbedingt negative Humusbilanz führt zu erhöhten ertragsbezogenen Emissionen. Im Falle der Entwässerung und Kultivierung von Moorböden führt dies zu einer extrem hohen Atmosphärenbelastung und einer äußerst ungünstigen Klimateffizienz der pflanzlichen Produktion. Am Fallbeispiel der Silomaisproduktion ist dies in Abbildung 4 veranschaulicht. Die stark erhöhten CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen im Zuge der Torfmineralisation führen auf dem Niedermoorstandort zu einer ca. 18fach höheren ertragsbezogenen Gesamtemission als auf dem Mineralboden. Aus Sicht des Klimaschutzes sind drainierte Moore daher Problemstandorte. Eine Verringerung der Atmosphärenbelastung kann durch die Anhebung des Grundwasserspiegels erreicht werden (Freibauer et al., 2004).

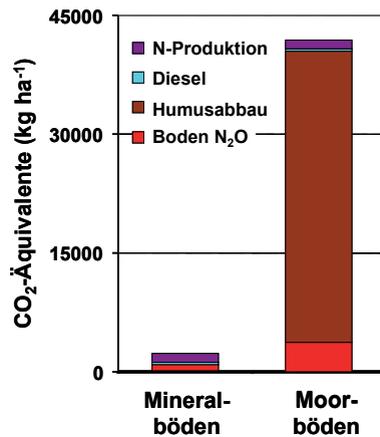


Abb. 4: Treibhausgasemissionen bei der Produktion von Mais bei ausgeglichener Humusbilanz (Mineralboden) sowie auf einem drainierten Niedermoor (Emissionsschätzung nach IPCC, 2006 bei üblicher Bewirtschaftung).

### Produktivität in der Tierproduktion und Treibhausgasemissionen

Die Methanemissionen aus der deutschen Landwirtschaft haben ihren Ursprung in erster Linie in der Rinderhaltung und dem Management von Wirtschaftsdüngern. Mit der Steigerung der Produktionsleistung steigt die Methanemission infolge der höheren Futtermittelaufnahme pro Tier an, die direkte, ertragsbezogene Methanemission nimmt jedoch ab. Gut dokumentiert ist dies am Beispiel der

Milchleistung von Kühen und der Mastleistung von Rindern (Flachowsky, 2008a; Abbildung 5). Auch bei anderen Tierarten (Schwein, Ziege, Legehennen, Mastgeflügel) sinkt die produktbezogene Emission mit Zunahme der Tierleistung, da der relative Anteil des „unproduktiven“ Erhaltungsbedarfs am Gesamtbedarf der Tiere an Energie und Nährstoffen abnimmt (Flachowsky und Lebzien, 2008). Die Ergebnisse zeigen, dass der züchterische Fortschritt einen deutlichen Beitrag zur Klimateffizienz der Produktion tierischer Produkte geleistet hat und die Produktivität nicht im Widerspruch zu dem Ziel steht, die ertragsbezogenen Emissionen zu verringern. Allerdings ist für die Bewertung der ertragsbezogenen Atmosphärenbelastung die Einbeziehung des gesamten Produkt-Lebenswegs erforderlich. Neben den direkten Emissionen der Tiere sind folglich auch Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement, der Futterproduktion (Eigenproduktion und Zukauf), der Bereitstellung von Betriebsmitteln und dem Verbrauch fossiler Energieträger im Zuge der Produktion zu berücksichtigen.

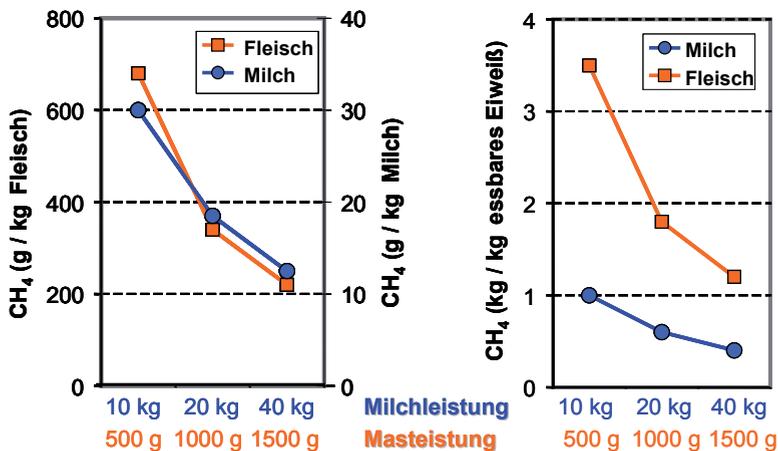


Abb. 5: Ertragsbezogene Methanemission von Kühen (Milch) und Mastrindern (Fleisch) in Abhängigkeit der Milch- bzw. Mastleistung (nach Flachowsky, 2008a)

Am Beispiel der Gesamtemission einer Kuh mit einer Milchleistung von 8000 Litern wird deutlich, dass die direkte CH<sub>4</sub>-Emission der Kuh nur rund die Hälfte der gesamten Atmosphärenbelastung darstellt (Dämmgen, 2009; Abbildung 6) und besonders die N<sub>2</sub>O-Emission im Zuge der Düngung und Futterproduktion eine weitere maßgebliche Bilanzgröße ist. Die in Abbildung 6 dargestellten Emissio-

nen gehen von einem optimalen Nährstoffmanagement und Nährstoffrecycling im Betrieb aus. Nährstoffüberschüsse im Produktionssystem führen zu einer steigenden produktbezogenen Atmosphärenbelastung. Da der größte Teil des mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs wieder ausgeschieden wird (in Abhängigkeit von Tierart, Leistungshöhe und Fütterung zwischen 60 und 90%), ist die effiziente Verwertung von Wirtschaftsdünger-N ein wichtiger Faktor zur Steigerung der Klimateffizienz in der Tierproduktion. Die Steigerung der Produktionsleistung pro Tier führt zu einer Reduktion der produktbezogenen N-Ausscheidung (Flachowsky und Lebzien, 2008) und bietet damit die Möglichkeit zur Steigerung der N-Effizienz und Verringerung der  $N_2O$ -Emissionen in der Produktionskette. Dieses Potenzial zur Emissionsreduktion wird durch N-Überschüsse in der Produktionskette (vgl. Abb. 3) jedoch rasch aufgezehrt. In hoch produktiven Systemen bietet die Vermeidung von N-Überschüssen und die Steigerung der N-Effizienz im Bereich der Anwendung von Wirtschaftsdüngern daher oft das größere Potenzial zur Verbesserung der Klimateffizienz. Auch eine Futterproduktion, die den Abbau vorhandener Humusvorräte verursacht (vgl. Abbildung 4), führt zu einer hohen produktbezogenen Atmosphärenbelastung.

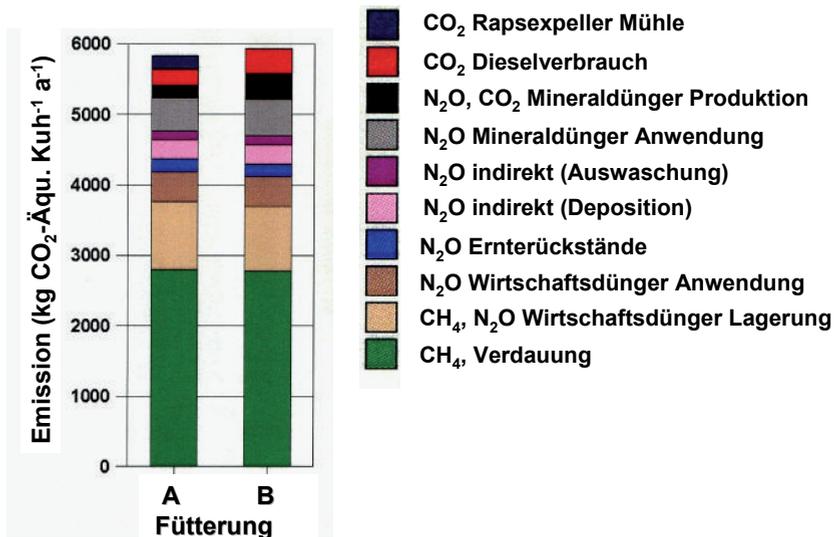


Abb. 6: Treibhausgasemission einer Milchkuh (Gewicht 650 kg) mit einer Jahresleistung von 8000 L Milch bei unterschiedlicher Fütterung. (Fütterung A: Gras und Maissilage, Kraftfutter, Rapsexpeller. Fütterung B: Grassilage, Kraftfutter, Weizen) (Dämmgen, 2009)

Die Ergebnisse zeigen, dass die Leistungssteigerung in der Tierproduktion zu einer Verbesserung der Klimateffizienz der Produktion tierischer Produkte beitragen kann. Dies ist besonders dann gegeben, wenn mögliche negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer vermieden werden können. Bedeutsam ist in diesem Zusammenhang auch die Bewertung von Koppelprodukten in der Emissionsbilanz. Führt die Produktivitätssteigerung dazu, dass die Nachfrage nach Koppelprodukten nicht mehr gedeckt ist, kann die Ausweitung alternativer Produktionsverfahren zu veränderten Emissionsszenarien führen.

Vergleicht man unterschiedliche Produkte der tierischen Veredelung auf der Basis der Treibhausgasemissionen pro Einheit essbares Protein, so zeigen sich deutliche Unterschiede: Geflügel und Eier weisen eine deutlich günstigere Treibhausgasbilanz auf als Schweinefleisch und Milch und die höchste Atmosphärenbelastung tritt bei der Produktion von Rindfleisch auf (Flachowsky, 2008a und 2008b). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es weltweit mehr Grünland als Ackerland gibt, dass nur Wiederkäuer in der Lage sind, den Grünlandaufwuchs effizient zu verwerten und für die Nahrungsmittelproduktion nutzbar zu machen und dass Nichtwiederkäuer in der Regel in direkter Nahrungskonkurrenz zum Menschen stehen. In Anbetracht der begrenzten Ressource „Ackerland“ weist die Rinderhaltung in Grünlandgebieten daher trotz relativ hoher produktbezogener Emissionen spezifische Vorzüge auf.

### **Zusammenfassung**

Klima- und umweltrelevante Emissionen aus der Landwirtschaft werden aufgrund der global steigenden Nahrungsmittelproduktion und der überproportional steigenden Nachfrage nach tierischen Erzeugnissen zunehmen. Die Optimierung der Produktionsverfahren unter verstärkter Berücksichtigung des Klima- und Umweltschutzes wird folglich immer dringlicher. Die Bewertung der Produktion hinsichtlich der Atmosphärenbelastung sollte anhand der produktbezogenen Gesamtemission der Produktionskette erfolgen. Dies ist auch die Kenngröße, an der die Klimateffizienz der landwirtschaftlichen Produktion gemessen werden sollte. Die Gesamtemission aus der Landwirtschaft wird maßgeblich durch die Ernährungsgewohnheiten und damit auch durch die Kaufkraft der Menschen geprägt. Die Beeinflussung dieses Sektors fällt nicht in den Aufgabenbereich der Landwirtschaft, sondern ist eine gesellschaftspolitische und

ernährungswissenschaftliche Herausforderung. Die Steigerung der Produktivität kann sowohl in der Pflanzenproduktion als auch in der Tierproduktion einen wichtigen Beitrag zur Verringerung produktbezogener Emissionen leisten. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine hohe Ressourceneffizienz, die Vermeidung von Nährstoffüberschüssen und der Erhalt der Humusvorräte in den Böden der Produktionsflächen.

## Literatur

- Dämmgen, U., Brade, W., Haenel, H.-D., Rösemann, C., Döhler, H. 2009: Modelling CO<sub>2</sub> footprints and trace gas emissions for milk protein produced under varying performance and feeding conditions. European Association for Animal Production, Proceedings of the 60<sup>th</sup> Annual Meeting, Barcelona, Spain, 24-27 August 2009.
- FAO, 2006: World Agriculture: towards 2030/2050. Prospects for food, nutrition, agriculture and major commodity groups. Global Perspective Studies Unit, FAO, Rome, June 2006.
- Flachowsky, G., 2008a: Methanemissionen aus der Tierproduktion, Möglichkeiten zu ihrer Reduzierung und Betrachtungen zu Ökobilanzen. In: Klimawandel und Bioenergie – Pflanzenproduktion im Spannungsfeld zwischen politischen Vorgaben und ökonomischen Rahmenbedingungen. Hrsg.: Bundesarbeitskreis Düngung (BAD), Frankfurt, 91-111.
- Flachowsky, G., 2008b: Wie kommen wir zu CO<sub>2</sub>-Footprints für Lebensmittel tierischer Herkunft. Archiv für Tierzucht 51, 67-82.
- Flachowsky, G., Lebzien, P., 2008: Fütterungsmaßnahmen zur Reduzierung der Stickstoff- und Methanausscheidungen bei Lebensmittel liefernden Tieren. In: Klimawandel und Ökolandbau, Situation, Anpassungsstrategien und Forschungsbedarf. KTBL-Schrift 472, Hrsg.: KTBL, Darmstadt, 87-102.
- Freibauer, A. Rounsevell, M., Smith, P., Verhagen, A., 2004: Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. Geoderma 122, 1-23.
- IPCC, 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4, Agriculture, Forestry and other Land Use. <http://www.ipcc-nggip/iges.or.jp/>.
- Jungkunst, H.F., Freibauer, A., Neufeldt, H., Bareth, G. 2006: Nitrous oxide emissions from agricultural land use in Germany - a synthesis of available an-

- nual field data. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science** 169, 341-351.
- OECD, 2000: Environmental Indicators for Agriculture, Methods and Results. OECD, 2000. <http://www.oecd.org/dataoecd/0/9/1916629.pdf>.
- Osterburg, B., 2008: Bestandsaufnahme der N-Bilanzüberschüsse – Status quo, Entwicklungen und hot spots. *Agrarspectrum* 41:61-73.
- Ruser, R., Flessa, H., Schilling, R., Beese, F., Munch, J.C. 2001: Effect of crop-specific field management and N fertilization on N<sub>2</sub>O emissions from a fine-loamy soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59, 177-191.
- UN, 2008: World Population Prospects: The 2008 Revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. <http://esa.un.org/unpp/>.
- Van Groenigen, J.W., Kasper, G.J., Velthof, G.L., vanden Pol-van Dasselaar, A., Kuikman, P.J., 2004: Nitrous oxide emissions from silage maize fields under different mineral nitrogen fertilizer and slurry application. *Plant and Soil* 263, 101-111.



# **Produktivität und Umweltschonung in der Landwirtschaft ein Widerspruch - Position des Pflanzenbaus**

O. Christen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Allgemeiner Pflanzenbau / Ökologischer Landbau. Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale)

## **1 Einleitung**

Durch die Preisentwicklung bei landwirtschaftlichen Erzeugnissen in den letzten zwei Jahren ist deutlich geworden, dass durchaus auch Entwicklungen der Anbautechnik mit Blickrichtung einer Ertragssteigerung wieder zu beachten sind. Vor diesem Hintergrund ist bedeutsam, dass inzwischen eine intensive Diskussion um die Frage der Produktionssteigerung aus Sicht der verschiedenen Wissenschaftsbereiche geführt wird. Hierbei ist neben der Pflanzenzüchtung und dem Pflanzenschutz ganz besonders auch der Acker- und Pflanzenbau gefordert. Diese Überlegungen dürfen aber die Umweltauswirkung einer veränderten Produktion nicht aus den Augen verlieren. Hierbei stellt sich die Frage, inwieweit eine Produktivitätssteigerung möglich ist, ohne zu zusätzlichen Belastungen bei Umweltschutzgütern zu führen, wenn möglich sollten sogar Verminderungen der Umweltbelastung möglich sein. Diese Frage soll im folgenden Beitrag separat für verschiedene Schutzgüter behandelt werden, obwohl selbstverständlich hier ausgeprägte Interaktionen vorliegen.

## **2 Organische Bodensubstanz**

Im Zusammenhang mit organischer Bodensubstanz (Humus) stellt sich die Frage, inwieweit hier überhaupt Bezüge zur Intensität vorliegen. Wir haben hier sicherlich in den letzten Jahrzehnten Entwicklungen beobachtet, die sich durchaus in unterschiedlicher Art und Weise auf die Gehalte mit organischer Substanz ausgewirkt haben. Zum einen ist historisch eine deutliche Verminderung der Intensität der Bodenbearbeitung festzustellen. Zum anderen ist dies nur in Verbindung mit einem gleichzeitig steigenden Einsatz von Herbiziden zu bewerten. Grundsätzlich führt eine verminderte Intensität der Bodenbearbeitung zu

einer anderen Tiefprofilierung der organischen Substanz im Profil. Wir haben tendenziell in den oberen Schichten mehr organische Substanz im Vergleich zu einer Bearbeitung mit dem Pflug und in tieferen Schichten geringere Gehalte. Der zweite Aspekt, der hier beachtet werden muss, sind die permanent angestiegenen Erträge, die natürlich über höhere Ernterückstände in der Summe auch zu einer besseren Versorgung mit organischer Substanz führen. Demgegenüber stehen allerdings Entwicklungen, die zeigen, dass die Begehrlichkeiten hinsichtlich der organischen Substanz erheblich angestiegen sind. Dies betrifft die klassische Nutzung, aber vielmehr auch die energetischen Nutzungen. Hier lässt sich im Wesentlichen Getreidestroh durchaus auch für eine energetische Nutzung verwenden und aufgrund von Preisentwicklung, aber auch Politiktentscheidung ist es so, dass hier der Bedarf angestiegen ist, was zu einer geringeren Versorgung mit organischer Substanz der Böden in der Summe führt. Die Datenlage hinsichtlich der Entwicklung der Gehalte mit organischer Substanz bei Böden in Mitteleuropa ist noch etwas unsicher, aber Übersichtsuntersuchungen zeigen, dass in einer Reihe von Standorten die Tendenz zu sinkenden Gehalten mit organischer Substanz zu verzeichnen ist. Hierbei ist beachtenswert, dass die organische Substanz eine Vielzahl von Funktionen in den Böden ausweist. Sie ist Kohlenstoffspeicher, sie ist verantwortlich für Filter- und Pufferfunktionen, steht in enger Wechselwirkung mit der biologischen Aktivität und damit auch mit der Bodenstruktur und der Aggregatstabilität und insbesondere auf leichteren Böden ist die organische Substanz ein wesentlicher Faktor für die Nährstoff- und Wasserspeicherung. Im Hinblick auf die zeitlichen Aspekte muss dabei beachtet werden, dass Veränderungen der organischen Bodensubstanz unter unseren Klima- und Bodenbedingungen erst nach Jahrzehnten nachweisbar sind. Hier sei der Hinweis auf die klassischen Versuche in England erlaubt, wo teilweise seit Mitte des 19. Jahrhunderts unterschiedliche Varianten hinsichtlich der Versorgung mit organischer Substanz überprüft werden. Anhand dieser Daten wird deutlich, dass Veränderungen tatsächlich im Bereich von Jahrzehnten und Jahrhunderten auftreten. Nichtsdestotrotz hat hier der Boden ein extrem langes Gedächtnis: Unterversorgung mit organischer Substanz aufgrund zu geringer organischer Düngung oder auch starker Abfuhr lassen sich gleichermaßen noch nach Jahrzehnten nachweisen. Im Hinblick auf die aktuellen produktionstechnischen Möglichkeiten ist hier auch zu beachten, dass bei bestimmten Rückführungen organischer Substanz wie Gärsubstrate (Biogasgülle) noch große Unsicherheit über deren Wirkung auf die Humusreproduktion vorliegt (Ulrich et al. 2006).

### 3. Nährstoffüberschüsse

Die Situation bei den Bilanzüberschüssen bei Stickstoff ist in der Bundesrepublik Deutschland seit vielen Jahren unbefriedigend. Bei einer Betrachtung der landwirtschaftlich genutzten Fläche in der Bundesrepublik liegt der Stickstoffüberschuss immer noch im Bereich von knapp 100 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr. Zielsetzung seit vielen Jahren ist es, diesen Wert auf 80 kg N je Hektar zu reduzieren. Angestrebt sind hier Werte von 60 kg N je Hektar und Jahr. Beachtet man nun unterschiedliche Stickstoffdüngungsvarianten, wird deutlich, dass es in der aktuellen Produktionstechnik hier erhebliche Defizite gibt. So zeigen Ergebnisse des DFG-Sonderforschungsbereiches 192 an der Universität Kiel, dass je nach Ausbringungszeitpunkt und Kulturpflanze die Stickstoffeffizienz von Gülle teilweise im Bereich von 10 und weniger Prozent liegt. Das ist nicht akzeptabel und dieses Beispiel zeigt, dass hier ein erheblicher Optimierungsbedarf besteht.

Aus theoretischer Sicht ist das Optimum der Stickstoffdüngung relativ leicht aus den Preisen und Kosten abzuleiten, hierbei ist jedoch problematisch, dass diese Information natürlich im Detail erst nach Ablauf der Vegetationszeit vorliegt. Bewegt man sich allerdings im Bereich des Optimums bei der Stickstoffdüngung, ist auch die Gefahr von Stickstoffüberschüssen vergleichsweise gering. Überschreitungen des Optimums führen dann allerdings sehr schnell zu höheren Bilanzresten und damit auch zu einer Erhöhung der Gefahr von N-Verlusten. Eine Optimierung kann hier stattfinden, indem das Ertragspotenzial gesteigert wird. Hier stehen alle Möglichkeiten der Steigerung offen. Dies kann über leistungsfähigere Sorten, einen angepassten Pflanzenschutz, aber auch eine optimierte Bodenbearbeitung erfolgen. Untersuchungen im Bereich der Pflanzenzüchtung zeigen eindrucksvoll, dass es eine erhebliche Variabilität hinsichtlich der Stickstoffnutzungseffizienz gibt. Dies ist nachgewiesen bei Weizen, bei Raps, sodass hier durchaus die Möglichkeiten für Verbesserungen in der N-Effizienz vorliegen. Retrospektiv lässt sich gleichermaßen nachweisen, dass bei dem Ertragsanstieg von Getreide in den letzten Jahrzehnten auch die Stickstoffeffizienz angestiegen ist, allerdings nicht die Steigerung der Stickstoffeffizienz unter der Steigerung der Ertragshöhe erreicht. Ähnliches gilt für die Effekte unterschiedlicher Vorfrüchte oder Fruchtfolgen. Eine günstige Vorfrucht am Beispiel Weizen, Raps führt zu einer deutlich besseren N-Verwertung in der nachfolgenden Kultur, als wenn ein Stoppelweizen angebaut wird. Basis der Betrachtung kann hier aber nicht die einzelne Kulturpflanze sein, sondern hier ist es wichtig, die gesamte Rotation zu bilanzieren und dann tatsächlich auch realistische Werte über die

Fruchtfolge und die Erträge zu berücksichtigen. Eine weitere Möglichkeit, dem Problem der zu hohen N-Restmengen zu begegnen, ist die Berücksichtigung von räumlicher Variabilität. Die Betrachtungsebene, die aus Umweltsicht entscheidend ist, ist neben der Fläche dann aber auch der Betrieb, weil er die agierende Einheit in der Landwirtschaft ist und hier muss man einfach die Realitäten anerkennen. Wir haben im Bereich der Pflanzenproduktion ausdrücklich geringere N-Verlustpotenziale, wohingegen in Vieh haltenden Betrieben durch den Futterzukauf einerseits relativ viel Stickstoff in das System gelangt und andererseits infolge vergleichsweise geringen Abfuhr an Stickstoff aus dem System in Form von Fleisch oder Milch im Regelfall höhere N-Bilanzen auftreten. Hier ist zukünftig besonderes Augenmerk auf die Verbesserung der Effizienzen zu richten. Als Zwischenfazit beim Stickstoff lässt sich festhalten, dass grundsätzlich Verbesserungen der Effizienz möglich sind, die allerdings bei weiter steigenden Erträgen nicht einfacher, im Gegenteil, sondern schwerer werden. Aus wissenschaftlicher Sicht sind hier Fortschritte zu erwarten: Insbesondere eine Kombination von Sensortechniken und Ertragsmodellen versprechen hier durchaus deutliche Verbesserungen der Effizienzen (Kirkegaard et al., 2008, Küstermann et al., 2009, Sieling et al., 2005).

#### **4. Bodenschadverdichtung**

Die Bodenschadverdichtung führt zu einer Reihe von schwerwiegenden Problemen im Umweltbereich. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sehr unterschiedliche Entwicklungen in den letzten Jahren gegeben hat. Zum einen haben wir eine Zunahme der Radlasten und der Gesamtgewichte, was tendenziell die Gefahr von Bodenschadverdichtungen verstärkt. Dem entgegen steht allerdings die Entwicklung, dass verstärkt Mulchsaatverfahren eingesetzt werden. Insgesamt muss man berücksichtigen, dass zum Beispiel im Vergleich zum Stickstoff die Datengrundlage im Hinblick auf die Bodenbearbeitung und die Bodenschadverdichtung deutlich unsicherer ist. Würde man die Intensität der Bodenbearbeitung und verschiedene andere produktionstechnische Faktoren, die in enger Wechselwirkung mit der Bodenbearbeitung stehen, kategorisieren, stellt sich als Allererstes aber die Frage, inwieweit man hier tatsächlich von einer Intensitätssteigerung oder von einer Intensitätsverminderung sprechen kann. Von der Direktsaat über die Mulchsaat zur Pflug-Drill-Saat steigt sicherlich die Intensität der Bodenbearbeitung an, gleichzeitig sinkt aber die Intensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes und es sinkt die Intensität der Stickstoffdüngung. Das

heißt, hier sind ausgeprägte Wechselwirkungen zu berücksichtigen. Im Hinblick auf die Datengrundlage bei Bodenschadverdichtungen gibt es nur wenige Untersuchungen. Wenn man hieraus einen gemeinsamen Schluss ziehen würde, kommt man zu dem Ergebnis, dass vermutlich in der Bundesrepublik Deutschland 30 bis 40 Prozent der Böden eine Bodenschadverdichtung ausweisen. In den Unterböden werden die Zahlen als etwas geringer angesehen. Es gibt allerdings keine systematischen flächendeckenden Untersuchungen, sondern man ist hier auf Einzelwerte angewiesen. Als Zwischenfazit lässt sich hier festhalten, dass in den letzten Jahren positive und negative Tendenzen in der Bearbeitungsintensität zu beobachten sind und dass Monitoringdaten über die tatsächliche Produktionstechnik und über den Bodenzustand sicherlich verbessert werden müssten (Rücknagel et al., 2006).

## **5. Ungünstige Energiebilanz**

Als letzter Punkt soll die Frage der Energieintensität und der Nettoenergieproduktion der verschiedenen Produktionssysteme beleuchtet werden. Hier ist hervorzuheben, dass die heutigen Produktionssysteme eine erhebliche positive Nettoenergiebilanz aufweisen. Beachtet man ganz besonders die Intensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes, dann ist hier beachtenswert, dass Pflanzenschutzmitteleinsätze, die zur Ertragssteigerung führen, ein probates Mittel sind, die Nettoenergieoutputs zu erhöhen. Damit wird der Nettoenergieoutput von integrierten Systemen auch höher als der Output in extensiven Systemen und im ökologischen Landbau (Deike et al., 2008a und 2008b).

## **6. Schlussfazit**

Bei einer weiteren Produktivitätssteigerung sind aus Sicht des Acker- und Pflanzenbaus besonders Probleme bei den heute schon überhöhten Stickstoffbilanzen zu erwarten. Die Systeme werden bei weiter steigenden Erträgen und einer dann vermehrt notwendigen N-Düngung schlechter steuerbar. Mittelfristig muss auch auf die ausreichende Versorgung der Böden mit organischer Substanz geachtet werden.

## 7. Literaturangaben

- Deike, S., Pallutt, B., Christen, O., 2008a: Energy efficiency in organic and integrated farming with particular regard to pesticide use intensity. *European Journal of Agronomy*, 28, 461-470.
- Deike, S., Pallutt, B., Melander, B., Strassemeyer, J., Christen, O., 2008b: Long-term productivity and environmental effects of arable farming as affected by crop rotation, soil tillage intensity and strategy of pesticide use: a case-study of two long-term field experiments in Germany and Denmark. *European Journal of Agronomy*, 29 (4), 191-199.
- Kirkegaard, J., Christen, O., Krupinsky, J., Layzell, D., 2008: Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research*, 107, 185-195.
- Küstermann, B., Christen, O., Hülsbergen, K.-J., 2009: Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site- and farm-specific nitrogen management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 135, 70-80-
- Rücknagel, J., Hofmann, B., Christen, O., Hülsbergen, K.-J., 2006. Estimating Precompression Stress of Structured Soils on the Basis of Aggregate Density and Dry Bulk Density. *Soil & Tillage Research* 92 (1-2): 213-220.
- Sieling, K., Stahl, C., Winkelmann, C., Christen, O., 2005: Growth and yield of winter wheat in the first three years of a monoculture under varying N fertilization in NW Germany. *European Journal of Agronomy* 22, 71-84.
- Ulrich, S., Hofmann, B., Tischer, S., Christen, O., 2006: Influence of tillage on soil quality in a long-term trial in Germany. *Advances in GeoEcology*, 38, 110-116.

## **Produktivität und Umweltschonung in der Landwirtschaft – sieht die Tierproduktion einen Widerspruch?**

H. Schenkel

Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Universität Hohenheim, Stuttgart

### **Einleitung**

Produktivität kann als Messzahl für die Effizienz eines Produktionsprozesses das Verhältnis zwischen dem mengenmäßigen Ausstoß eines Produktes und dem für diesen Output notwendigen Einsatz von Produktionsfaktoren beschrieben werden (NN, 2009a).

Misst man die Produktivität in der Tierproduktion anhand des Futteraufwandes je Produkt (Einheit Fleisch, Ei, Milch etc.) hat diese im Laufe der letzten Jahrzehnte sehr stark zugenommen. Ursache sind unter anderem die Entwicklungen in der Tierzucht, Tierhaltung, Tierhygiene und der Fütterung. Diese Leistungssteigerung ging allerdings nicht einher mit einer entsprechenden Entwicklung des Einkommens. In der Europäischen Union werden etwa 40 % des Einkommens über die tierischen Erzeugnisse erwirtschaftet (FEFAC, 2009), in der Bundesrepublik liegen die Verkaufserlöse aus der tierischen Produktion mit ca. 56 % über den Erlösen aus pflanzlichen Erzeugnissen (44 %) (DVT, 2009).

### **Umweltwirkung der Tierproduktion**

Die Tierproduktion wird auf vielfältige Weise durch die Umwelt beeinflusst. Dies zeigen zum Beispiel die Einträge unerwünschter Stoffe in das Futter auf unterschiedlichen Belastungspfaden und die Gefahr, dass diese Stoffe die Gesundheit der Tiere und/oder des Menschen beeinträchtigen (Schenkel, 2009).

Aber auch von der Tierhaltung gehen eine Reihe von Belastungen auf die Umwelt aus (Steinfeld et al., 2006; Grimm, 2006; UBA, 2009). Bei der Diskussion dieser Bereiche kann getrennt werden in großräumige und kleinräumige Belastungen (Aneija et al., 2009; Petersen et al., 2009). Erstere werden meist der

Tierproduktion im Allgemeinen zugeschrieben, letztere betreffen oft die einzelbetriebliche Situation. Dabei spielen eine Reihe von Gesichtspunkten eine Rolle, die häufig in der Diskussion nicht in vollem Umfang berücksichtigt werden: Die Tierproduktion ist im Lande nicht gleichmäßig verteilt, sondern konzentriert sich auf bestimmte Regionen (Klohn und Voth, 2009). Die Zahl der Tierhalter nimmt kontinuierlich ab, während die Größe der Bestände zunimmt (DVT, 2009, Klohn und Voth, 2009, Petersen et al., 2009). Die tierhaltenden Betriebe spezialisieren sich zunehmend auf eine Tierart- bzw. eine Nutzungsrichtung. Vor allem im Bereich der Veredlungswirtschaft findet zunehmend eine Trennung von Futterproduktion und Tierproduktion statt, d. h., es findet ein verstärkter Import an inländischen oder ausländischen Futtermitteln in den Betrieb statt, während die eigene pflanzliche Produktion vermarktet wird (Naylor et al., 2005). In den intensiveren Viehhaltungsregionen reicht die zur Verfügung stehende Düngefläche zum Teil nicht mehr aus, es werden zunehmend Wirtschaftsdünger in Vieh ärmere Regionen exportiert.

Die möglichen und diskutierten Umweltwirkungen der Tierproduktion sind vielfältig und bedürfen einer differenzierten Betrachtung, die im Folgenden der gebotenen Kürze wegen nur in Teilbereichen näher beleuchtet werden können (Tabelle 1).

Tab. 1: Mögliche Umweltwirkungen der Tierproduktion

	Wirkungspfade	Wirkungen
Emission reaktiver Stickstoffverbindungen	Boden – Wasser – Luft	Klimarelevante Gase Bodenversauerung Eutrophierung Feinstaubpartikel
Emission an Phosphor, Kalium und verschiedenen Spurenelementen	Boden – Wasser Boden – Pflanze	Eutrophierung (v. a. P) Phytotoxizität
Gase aus der Fermentation	Luft	Klimarelevante Gase
Feinstaub	Luft	
Bioaerosole		
Mikroorganismen	Boden – Wasser – Luft	z. B. Zoonoseerreger
Tierarzneimittel	Boden – Wasser	Resistenzgene, Transfer von Antibiotika Boden - Pflanze
Lärm, Geruch	Luft	

In diesem Zusammenhang sind aber auch weitere Felder zu berücksichtigen, die mit den oben genannten Bereichen in enger Verbindung stehen. Dies ist insbe-

sondere der Verbrauch an Fläche sowie der Ressourcen Energie und Wasser für den Transport sowie die Erzeugung von Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln etc.

Auf die Problematik der Arzneistoffe in Wirtschaftsdüngern und deren Bedeutung für die Entwicklung von Resistenzgenen (Chee-Sanford et al., 2009) oder des eventuellen Transfers aus dem Boden in Pflanzen (Freitag et al., 2008) kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Im Hinblick auf die Einbettung der Tierproduktion in nachgelagerte Bereiche müssen auch die Aufwendungen für die Behandlung oder Aufarbeitung von Nebenprodukten, die nicht zum menschlichen Verzehr geeignet sind oder die Aufarbeitung und Verarbeitung der erzeugten tierischen Rohware gesehen werden.

Der jüngste Bericht der OECD (2008) zum Einfluss der Landwirtschaft auf die Umwelt stellt heraus, dass in einigen Bereichen der Tierproduktion besondere Bedeutung zukommt. Im Umweltgutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU, 2008) wird zum Ausdruck gebracht, dass die Erfolge zum Umweltschutz aus dem Bereich Landwirtschaft anderen Bereichen (Gewässerschutz und Luftreinhaltung) hinterherhinkt.

### **Handlungsfelder**

Im Hinblick auf die Umweltwirkungen der Tierproduktion zu reduzieren, ergeben sich daher eine Reihe von Handlungsfeldern, in denen sich eine deutliche Minderung der Umweltbelastungen erreichen lässt (Grimm, 2006; KTBL, 2006). Im Folgenden soll auf die Bereiche Futterbereitstellung und Fütterung, Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement etwas näher eingegangen werden. Selbstverständlich müssen hier auch die weiteren Verzahnungen zum Beispiel zur pflanzlichen Produktion, zur Ernährungsindustrie sowie zur Entsorgungswirtschaft gesehen werden.

Im Bereich der Vorleistungen, die mitberücksichtigt werden, unterscheiden sich einzelne Studien, in welchem Umfang sie beispielsweise die Futtererzeugung bzw. Futterbereitstellung mit einbeziehen. Eine sehr wesentliche Rolle spielt hier der Futterzukauf aus dem In- oder Ausland (Schmidt, 2008; Hörtengruber und Zollitzsch, 2009).

Im Hinblick auf die Bewertung der Umweltrelevanz der Tierproduktion wurden verschiedene LCA-Studien veröffentlicht. Leider ist eine Vergleichbarkeit nur begrenzt gegeben, da die einzelnen Studien unterschiedliche Ausrichtung bzw. Systemgrenzen aufweisen (z. B. Festlegung des zu betrachtenden Ausschnitts der Lebensmittelbereitstellungskette, Flächen- oder produktbezogene Betrachtung) (Hörtengruber und Zollitsch, 2009).

In der Tabelle 1 sind beispielhaft einige Lebenszyklus-Studien (Life Cycle, LCA) zur Milchviehhaltung zusammengestellt. Cederberg und Mattson (2000) vergleichen konventionell und ökologisch wirtschaftende schwedische Milchviehbetriebe. Bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben kommt dem Kraftfuttermport verbunden mit einem erhöhten Nährstoffaustrag besondere Bedeutung zu, während für die ökologisch wirtschaftenden Betriebe vor allem der erhöhte Flächenbedarf hervorgehoben wird. Thomassen et al. (2008) und De Boer haben in den Niederlanden ähnliche Vergleiche durchgeführt.

Tab. 2: Beispiele für Life Cycle Studien (LCA) zur Milchviehhaltung

Literatur	Tiere/Ort		
Haas et al., 2000	Milchvieh Deutschland	Milchviehbetriebe Allgäu	Betriebe unterschiedlicher Intensität
Cederberg und Mattson, 2000	Milchvieh Schweden	Vergleich ökologische und konventionelle Landwirtschaft	
De Boer, 2003	Milchvieh Niederlande	Vergleich ökologische und konventionelle Landwirtschaft	
Thomassen et al., 2008	Milchvieh Niederlande		
Havlikova et al., 2008	Milchvieh Tschechische Republik	Vergleich von Farmen mit unterschiedlicher Intensität und in unterschiedlichen Regionen	
Hörtengruber und Zollitsch, 2009	Milchvieh Österreich	Vergleich ökologische und konventionelle Produktion	Vergleich unterschiedlicher Systemansätze

Untersuchungen zum LCA im Bereich der Schweinehaltung liegen u. a. von Cederberg et al. (2005) vor, die das Fütterungsregime von Rationen auf Basis Getreide / Sojaextraktionsschrot mit einer Fütterung auf Basis heimisch erzeugter Proteinträger (Erbsen und Raps) verglichen.

## Handlungsfeld Futtermittel

Die Futtermittelkosten bestimmen entscheidend die wirtschaftliche Produktivität der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft. Derzeit entfallen beim Futtermittelverbrauch in der Bundesrepublik 41,7 % auf die Gruppe der Rau- und Saffutter einschließlich Hackfrüchten und Milch, 44,3 % auf Inlandsgetreide und inländisches Krafftutter, 5,2 % auf ausländisches Getreide und 8,7 % auf ausländisches Krafftutter (DVT, 2009, BMELV, 2008). Im Rahmen der Mischfütterproduktion werden zu 43,7 % Getreide, zu je 0,4 % Rapssaat bzw. Hülsenfrüchte und 28,1 % Ölkuchen und Ölextraktionsschrote eingesetzt. Die restlichen 26,2 % entfallen auf andere Nebenprodukte wie z. B. Mühlennachprodukte, zuckerhaltige Futtermittel, Citrus- und Obsttrester, Maiskleberfutter und andere). Dies spielt im Hinblick auf die Umweltwirkungen der Tierproduktion eine erhebliche Rolle, da die Futterproduktion und Futterbereitstellung einen erheblichen Anteil an den Umweltwirkungen ausmacht (Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, Transport, Ernte und Konservierung, Bearbeitung etc.). Dabei werden in der Umweltdiskussion insbesondere zwei Fragenkomplexe in den Vordergrund gestellt: die Frage nach der Nahrungskonkurrenz (Tier – Mensch), neuerdings aber auch die Konkurrenz um die Verwendung als nachwachsender Rohstoff für die biotechnologische Nutzung oder zur Energiegewinnung. Der andere Komplex betrifft den Futtermittelimport bzw. den weltweiten Futtermittelhandel. Bei Life Cycle Studien zur Produktion von Lebensmitteln tierischer Herkunft sind die Aufwendungen zur Produktion von Importfuttermitteln in den Herkunftsländern und der Transportaufwand (Dalgaard et al., 2008) oder die Bedeutung alternativer Fruchtfolgen bzw. unterschiedlicher angestrebter Ertragsniveaus (Schmidt, 2008) einzubeziehen.

Cellulosereiche Grobfutter vor allem vom Dauergrünland sind die natürliche Grundlage für die Fütterung der Wiederkäuer (Edwards et al., 2008). Hier besteht keinerlei Nahrungskonkurrenz zum Menschen. Vor allem beim Ackerfutter, zum Teil aber auch beim Dauergrünland steht allenfalls als Alternative die Nutzung für die Bioenergie (Biogas, Verbrennung) dagegen. Leistungsfähiges Grünland an Gunstandorten ist die Grundlage einer hohen Grundfutterleistung, die im Rahmen von Lebenszeitstudien sehr günstig abschneidet (Thomassen et al., 2008). Die hohen Erträge an solchen Standorten führen auch zu entsprechenden Nährstoffentzügen, die eine günstige Rückführung der Nährstoffe mit den anfallenden Wirtschaftsdüngern ermöglicht (Spiekers, 2009, Spiekers et al., 2009).

Wie aus den oben genannten Zahlen hervorgeht, werden in der Tierfütterung zahlreiche Nebenprodukte, die bei der Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln oder aber bei anderen Aufarbeitungsprozessen nachwachsender Rohstoffe entstehen, eingesetzt (z. B. Bioethanolschlempen, Nebenprodukte der Biodieselproduktion, andere Nebenerzeugnisse der Fermentation). Auch hier besteht keine Nahrungskonkurrenz, wobei die Möglichkeit einer weiteren Wertschöpfung bei der die Umweltrelevanz deutlich geringer ist als bei Produkten aus der Primärproduktion. (Elferink et al., 2008; Elferink, 2009)

Weitere Felder, die hier nur kurz angesprochen werden können, sind die Erfassung der Inhaltsstoffe bzw. des Futterwertes von Futtermitteln mit Schnellverfahren, um hinsichtlich der Rationszusammensetzung rasch reagieren zu können und unnötige Nährstoffüberhänge zu vermeiden. Ein anderes Problemfeld ist die Akzeptanz gentechnisch veränderter Futtermittel insbesondere der zweiten Generation, in der z. B. die Gehalte einzelner Inhaltsstoffe verändert sind können oder die Verdaulichkeit der Nährstoffe verbessert ist (Flachowsky, 2009; O'Brien und Mullins, 2009). Schließlich sei am Beispiel des Phosphors darauf verwiesen, dass die Rückführung von Phosphat zum Beispiel aus den tierischen Nebenprodukten einer dringenden Lösung bedarf (Flachowsky und Rodehutschord, 2008).

### Handlungsfeld Fütterung

Tab.3: Ausscheidung an N, P und Methan je kg essbares Protein (nach Flachowsky, 2001; Flachowsky und Lebzién, 2007)

Proteinquelle	Leistungshöhe	Ausscheidung je kg essbares Protein		
		N (kg)	P (g)	CH <sub>4</sub> (kg)
Milch	5 kg/Tag	0,9	140	1,5
	10 kg/Tag	0,6	100	1,0
	20 kg/Tag	0,4	60	0,6
	40 kg/Tag	0,3	40	0,4
Rindfleisch	500 g LMZ/Tag	2,0	300	2,5
	1000 g LMZ/Tag	1,2	180	1,5
Schweinefleisch	300 g LMZ/Tag	1,5	200	
	700 g LMZ/Tag	0,8	120	
Geflügelfleisch	20 g LMZ/Tag	0,6	80	
	40 g LMZ/Tag	0,3	40	
Eier	50 % LL	0,8	90	
	90 % LL	0,3	50	

LMZ: Lebendmassezunahme; LL: Legeleistung

Die Fütterung bietet eine Reihe effizienter Möglichkeiten, die Effekte der Tierproduktion auf die Umwelt deutlich zu vermindern.

Es ist nochmals klar herauszustellen, dass bezogen auf die Einheit produziertes Lebensmittel (z. B. kg essbares Protein) der Anfall an Stickstoff und Phosphor in den Exkrementen bzw. bei Wiederkäuern der Ausstoß an Methan mit steigender Leistung abnimmt, da der Erhaltungsanteil geringer wird. (Tabelle 3).

Bekannt und vielfältig publiziert sind die Möglichkeiten einer nährstoffreduzierten Fütterung. Hierunter ist bei Monogastriern in der Regel bei der Proteinversorgung eine Absenkung des Rohproteingehaltes der Ration verknüpft mit der Supplementierung biotechnologisch hergestellter Aminosäuren, um eine vollwertige Aminosäurenversorgung zu sichern. Im Falle des Phosphors geht es um eine Absenkung der Supplementierung mit mineralischem Phosphor in Verbindung mit einer Zulage an Phytase, um entsprechend die Verdaulichkeit des phytatgebundenen Phosphors zu verbessern (Gruber und Steinwider, 1996; DLG, 2005; Flachowsky und Lebzien, 2007; Petersen et al., 2007). Auch die Bemühungen um eine Reduktion der Ausscheidung relevanter Spurenelemente wie Kupfer und Zink soll hier angesprochen werden (Petersen et al., 2007).

Auch beim Wiederkäuer ist eine Absenkung der Nährstoffausscheidung möglich, wenn bei der Rationsgestaltung die Kraffutterergänzung bzw. das Mineralfutter optimal auf die Grundfuttersituation eingestellt wird. Bei der Proteinversorgung bietet im höheren Leistungsbereich der Einsatz geschützter Proteine zusätzliche Möglichkeiten. Beim derzeitigen Proteinbewertungssystem bietet die ruminale Stickstoffbilanz einen guten Ansatz zur Einschätzung möglicher Stickstoffüberschüsse (Huhtanen et al., 2008; Steinwider et al., 2009). Zur Verbesserung der Effizienz der Nährstoffverwertung tragen aber auch weitere Faktoren wie Phasenfütterung, technologische Aufbereitung der Futtermittel und Fütterungstechnik sowie der Einsatz bestimmter Futterzusatzstoffe bei.

Hierbei ist nicht nur eine Reduktion des Nährstoffanfalls in den Exkrementen möglich, sondern über eine veränderte Verteilung insbesondere der Stickstofffraktionen in Harn und Kot, einschließlich der Form der Stickstoffbindung, wird auch Art und Umfang der gasförmigen Verluste beeinflusst. Hierauf nimmt auch der pH-Wert der Gülle Einfluss, der ebenfalls durch die Fütterung verändert werden kann (Relandeau, 1999, Le et al., 2007). Eine N-reduzierte Fütterung kann auch zu einer Reduzierung des anfallenden Güllevolumens (Relandeau, 1999) bzw. der Geruchsbelastung (Le et al., 2007) beitragen.

Die Möglichkeiten einer Reduzierung der Methanausscheidung, v. a. beim Wiederkäuer sind vielfältig diskutiert und dargestellt worden. Das Fütterungsniveau bzw. die Rationsgestaltung haben bekanntlich einen erheblichen Einfluss (Gruber und Steinwider, 1996; Flachowsky und Lebzien, 2007). Auch die Wirkung anderer Futterinhaltsstoffe (insbesondere Faser und Fett) sowie die Zulage verschiedener Futterzusätze wurden geprüft. Insgesamt sind die Einflussmöglichkeiten durch die Fütterung jedoch begrenzt (Kreuzer, 2008, 2009). Eine deutliche Reduktion der exhalativen Methanausscheidung z. B. durch Fett kann allerdings durch eine vermehrte Methanproduktion bei der Güllelagerung wieder kompensiert werden (Kreuzer, 2009).

### **Handlungsfeld Haltung**

Durch die Art der Haltung und insbesondere die Gestaltung der Ställe und deren technische Ausstattung wird die Abgabe flüchtiger Verbindungen insbesondere an Treibhausgasen sowie Ammoniak, aber auch Gerüchen wesentlich beeinflusst. Diese Emissionen werden in den Vorgaben der Immissionsschutzgesetzgebung bzw. der Umweltverträglichkeitsprüfung (KTBL, 2006, 2009) gesondert spezifisch geregelt.

Für den Bereich der Tierhaltung wurden für vielfältige Verfahren Produktionssysteme mit der best verfügbaren Technik (KTBL, 2006) festgelegt, die neben den Umweltgesichtspunkten aber auch Aspekte der Tiergerechtigkeit berücksichtigen. Wie die verschiedenen Lösungen an Offenställen bzw. Auslaufgestaltungen zeigen, können Zielkonflikte hinsichtlich tiergerechter Auslaufflächen und erhöhter Emissionen entstehen.

Im Bereich der Veredelung können beispielsweise durch Luftwäscher, Temperaturführung oder spezielle Gestaltung der Entmistung die Emissionen deutlich gesenkt werden (Grimm et al., 2009)

Im Rahmen von LCA-Studien wird teilweise der Energiebedarf für die Fütterungs- und Lüftungstechnik in unterschiedlicher Weise berücksichtigt auch die Remontierung in Milchviehherden bzw. der Anteil an Jungtieren je Milchkuh bzw. das Erstkalbealter spielen eine wichtige Rolle (Hörtengruber und Zollitzsch, 2009; Spiekers, 2009).

## **Handlungsfeld Wirtschaftsdünger**

Die Prozesse der Erfassung, Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger sind Teilbereiche der Erzeugungskette, bei denen erhebliche Anteile an flüchtigen Verbindungen gebildet werden und entweichen. Hier stehen Ammoniak,  $N_2O$  und Methan aber auch Schwefelwasserstoff und eine Vielzahl geruchsintensiver Verbindungen im Vordergrund. Es ist seit Langem bekannt, dass verschiedene Verfahren der Abdeckung bei der Sammlung und Lagerung sowie bodennahe Ausbringungstechniken bis hin zu Verfahren mit sofortiger Einarbeitung sehr deutliche Reduktionen der Emissionen mit sich bringen. Ausbringungstechniken werden derzeit z. B. über Online-Techniken (mittel NIRS) zur Nährstoffeffassung und bedarfsgerechten Optimierung der Ausbringungsmengen weiterentwickelt. Dabei ergeben sich erhebliche Reduktionsmöglichkeiten (Petersen et al., 2007, 2009). Verschiedene emissionsmindernde Abdeckungs- und Ausbringungstechniken sind auch Gegenstand der gesetzlichen Regelungen oder spezifischer Fördermaßnahmen (Petersen et al., 2009).

Verschieden Ansätze befassen sich mit der Vergärung oder der Separierung der Gülle und einer getrennten Weiterverarbeitung der Fraktionen (Vanotti et al., 2009). Spezifische Bemühungen sind zum Beispiel Versuche zur Wasserstoffgewinnung (Zhu et al., 2009), der Rückgewinnung von Nährstoffen (z. B. Phosphat) sowie die Carbonisierung (Treibstoffgewinnung) (Ro et al., 2009).

Ein spezielles Feld ist die Abgabe von Wirtschaftsdünger in andere Betriebe, z. T. über sogenannte Wirtschaftsdüngerbörsen. Hier ist im Prinzip eine sinnvolle Rückführung der Nährstoffe gegeben, allerdings ergeben sich durch den Transport zusätzliche Belastungen, ferner ist das Problem der Zoonosenverbreitung zu beachten (Petersen et al., 2007). Teilweise erfolgt der Export aus Ländern mit intensiver Tierhaltung über die Ländergrenzen hinweg (NN, 2009b). In einer französischen LCA-Studie, in der eine Gülleaufbereitung (Separierung und Kompostierung) mit dem „Gülleexport“ verglichen wurde, ergaben sich vor allem hinsichtlich der Kriterien Versauerung, Eutrophierung und Verbrauch nicht erneuerbarer Energien Vorteile für den Gülleexport (Lopez-Ridaura et al., 2009).

## **Regelungen**

Zur Regelung der Nährstoffüberschüsse und einer weiteren Reduzierung der Umweltbelastung durch die tierische Produktion werden eine Reihe von Maß-

nahmen diskutiert bzw. wurden in einzelnen Ländern bereits umgesetzt (Oenema, 2004).

Oenema (2004) verweist auf die sehr zögerliche Umsetzung der Nitrat-Richtlinie der Europäischen Union in einzelnen Mitgliedstaaten mit intensiver Tierhaltung. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU, 2008) kritisiert das Zugeständnis hoher Bilanzüberschüsse in Viehhaltenden Betrieben, insbesondere die Anrechnung „unvermeidbarer Verluste“.

Beispiele sind die Stickstoffsteuern, Lenkungsabgaben für Bilanzierungsüberschüsse (N und P), Methansteuern, eine Limitierung des Tierbesatzes auf die Fläche sowie die Festlegung reduzierter Bilanzüberschüsse (Kleinhanss et al., 1997; SRU, 2008, UBA, 2009). Hingewiesen sei auch auf das Mineralstoffbuchführungssystem MINAS in den Niederlanden (OECD, 2005).

Ein zunehmendes Problem, das in letzter Zeit verstärkt im Zusammenhang politischer Regelungen diskutiert wird, ist das „pollution swapping“ (UBA, 2009; Stevens und Quinton, 2009), d. h. die Beobachtung, dass die regulatorische Minderung der Emission in einem Bereich die Emission anderer Problemstoffe in einem anderen Bereich fördern kann.

## **Schlussfolgerungen**

Die Tierproduktion in Deutschland erfolgt überwiegend auf einem sehr hohen Intensitätsniveau und ist teilweise in verschiedenen Räumen verdichtet. Treibende Kräfte sind unter anderem das Bestreben, den Ansprüchen der Bevölkerung an Lebensmitteln tierischer Herkunft weitgehend gerecht zu werden (hoher Grad an Selbstversorgung), der wirtschaftliche Druck auf die Betriebe (unzureichende Erzeugerpreise bei steigenden Produktionskosten) und der internationale Wettbewerb in globalen Märkten.

Diese Intensivierung führt zu einer erheblichen Umweltbelastung durch die landwirtschaftliche Tierhaltung, sodass Deutschland derzeit die Ziele internationaler Vereinbarungen noch nicht erreicht (OECD, 2008). Dies soll aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass in der Tierzucht, -haltung und -fütterung wesentliche Fortschritte erreicht wurden, die zu einer deutlichen Steigerung der Effizienz der Nährstoffverwertung verbunden mit einer Reduktion der Emission reaktiver

Stickstoff- und Phosphorverbindungen je produziertes kg verzehrbare Eiweiß geführt haben. Die Weiterentwicklung im Bereich der Tierhaltung und des Managements mit den tierischen Exkrementen beinhaltet weitere effektive Reduktionsmöglichkeiten.

Allerdings besteht für die zukünftige Entwicklung die Forderung, einen Regelungsdruck aufzubauen, der zu einer weiteren Reduktion der Umweltbelastung führt, aber gleichzeitig Anreize für weitere innovative Entwicklungen zu schaffen, die zu einer Minderung der Umweltbelastung beitragen. Neben den technologischen Entwicklungen, die sich vor allem auf die Reduktion der gasförmigen Emissionen oder alternativer Verwertung der Exkremente konzentrieren, konnten im Rahmen dieses Beitrages die Potenziale der Pflanzen- (Abberton et al., 2008; O'Brien und Mullins, 2009) und Tierzucht (Laible, 2009) zur Reduzierung der Umweltbelastung nicht angesprochen werden. Die Fortschritte bei der Reduzierung der Umweltbelastung durch verschiedene Maßnahmen sind aber auch mit der Forderung nach spezifischeren Methoden verknüpft, um diese Effekte zu messen bzw. abzuschätzen. Hierzu zählt auch die Anpassung der entsprechenden Emissionsraten für einzelne Stoffe (Stoffgruppen) in entsprechenden Messprogrammen (IPCC, 1996; Dämmgen, 2007).

Die Problematik, dass aufgrund des Druckes intensive Veredlung in bislang veredlungsschwache Regionen abwandert (Spandau, 2009) oder die Tierproduktion in ausländische Produktionsgebiete verlagert wird, sind keine Lösungen. Sowohl im internationalen wie im nationalen Rahmen zeigt sich, dass im intensiven Veredlungsbereich keine Flächenbindung der Produktion mehr besteht (Naylor et al., 2005).

Letztlich ist die weitere Entwicklung der Intensität der tierischen Produktion aber auch ein gesellschaftspolitisches Problem, insbesondere des Konsumverhaltens der Bevölkerung (Heissenhuber, 2009 a, b; UBA 2009 a, b).

Studien, die von einer sehr starken Reduktion der Tierproduktion in Deutschland ausgehen, orientieren sich an einer Umsetzung der Versorgungsempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsphysiologie zur Proteinaufnahme und zum Fleischverzehr und einer weitgehenden Herauslösung der Agrar- und Ernährungswirtschaft aus der internationalen Verflechtung (Isermann und Isermann, 2009; Bioland, 2009). Beides dürfte kurz- bis mittelfristig nicht umsetzbar sein.

**Literatur**

- Abberton, M.T., Marshall, A.H., Humphreys, M.W., Macduff, J.H., Collins, R.P., Marley, C.L., 2008: Genetic improvement of forage species to reduce the environmental impact of temperate livestock grazing systems. *Adv. Agron* 98, 311-355.
- Aneija, V.P., Schlesinger, W.H., Erisman, J.W., 2009: Effects of agriculture upon the air quality and climate: Research, policy, and regulations. *Environ. Sci. Technol.* 43, 4234-4240.
- Bioland 2009: Im Blickpunkt: Klimaschutz und Biolandbau in Deutschland, Mainz.
- BMELV 2008: Struktur der Mischfutterhersteller 2008. Reihe: Daten-Analysen, Bonn.
- Brade, W., Dämmgen, U., Lebzien, P., Flachowsky, G., 2008: Milcherzeugung und Treibhausgasemissionen. *Berichte Landw.* 86, 445-460.
- Cederberg, C., Mattson, B., 2000: Life cycle assessment of milk production - a comparison of conventional and organic farming. *J. Cleaner Prod.* 8, 49-60.
- Cederberg, C., Wivstad, M., Bergkvist, P., Mattson, B., Ivarsson, K., 2005: Environmental assessment of plant protection strategies using scenarios for pig feed production. *AMBIO* 34, 408-413.
- Chee-Sanford, J., Mackie, R.I., Koike, S., Krapac, I.G., Lin, Y.-F., Yannarell, A.C., Maxwell, S., Aminov, R., 2009: Fate and transport of antibiotic residues and antibiotic resistance genes following land application of manure waste. *J. Environm. Qual.* 38, 1086-1108.
- Dämmgen, U. (Hrsg.), 2007: Calculations of emissions from German agriculture – National emission inventory report (NIR) 2007 for 2005. *Landbauforsch. Völkenrode SH304.*
- Dallgard, R., Schmidt, Y., Halberg, N., Christensen, P., Thrane, M., Pengue, W.A., 2008: LCA of soybean meal. *Int. J. LCA* 13, 240-250.
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), 2005: Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. *Arbeiten der DLG, Band 199.*
- DVT (Deutscher Verband Tiernahrung), 2009: Futtermittel – Tabellarium, Bonn.
- Elferink, E.V., 2009: Meat, milk and eggs: analysis of animal food environment relations. Ph Thesis, Rijksuniversiteit Groningen.

- Elferink, E.V., Nonhebel, S., Moll, H.C., 2008: Feeding livestock food residue and the consequences for the environmental impact of meat. *J. Cleaner Prod.* 16, 1227-1233.
- FEFAC 2009: Environment Report, 1st Ed., Brussels.
- Flachowsky, G., 2001: Nährstoffökonomische und ökologische Aspekte bei der Erzeugung von essbarem Eiweiß tierischer Herkunft bei unterschiedlichem Leistungsniveau der Nutztiere. *Lohmann Information* (2), 1-8.
- Flachowsky, G., 2009: Zur ernährungsphysiologischen Bewertung von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen. In: *Futtermittel in der food chain – Innovation in Analytik und Bewertung*, Tagungsunterlagen, 21-33.
- Flachowsky, G., Lebzien, P., 2007: Beiträge der Tierernährung zur Reduzierung der N-, P- und Spurenelementausscheidung, *Wiss. Tagung des Dachverbandes Agrarforschung: Landnutzung und Wasserqualität*, 24./25.10.2007.
- Flachowsky, G., Rodehutsord, M., 2008: Steigerung der P-Effizienz in der Tierproduktion, *Braunschweiger Nährstofftage*, 10./11.11.2008, Braunschweig.
- Freitag, M., Yolcu, D.H., Hayen, H., Betsche, T., Grote, M., 2008: Screening zum Antibiotika – Transfer aus dem Boden in Getreide in Regionen Nordrhein-Westfalens mit großen Viehbeständen. *J. Verbr. Lebensm.* 3, 174-184.
- Grimm, E., 2006: Internationale und europäische Regelungen zur Luftreinhaltung und deren Auswirkungen auf die Landwirtschaft. In: *KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung*, *KTBL-Schrift* 449, 9-23.
- Grimm, E., Eurich-Menden, B., Döhler, H., 2009: Emissionsminderung mit Abluftreinigung. In: *KTBL (Hrsg.): Landwirtschaft im Umbruch – Herausforderungen und Lösungen* S. 211-223.
- Gruber, L., Steinwider, A., 1996: Einfluss der Fütterung auf die Stickstoff- und Phosphorausscheidung landwirtschaftlicher Nutztiere – Modellkalkulationen auf Basis einer Literaturübersicht. *Bodenkultur* 47, 255-277.
- Haas, G., Wetterich, F., Geier, U., 2000: Framework in agriculture on the farm level. *Int. J. LCA* 5, 1-4.
- Havlikova, M., Kroeze, C., Huijbregts, M.A.J., 2008: Environmental and health impact by dairy livestock and manure management in the Czech republic. *Sci. Total Environ* 396, 121-131.
- Heissenhuber, A., 2009a: Produktivität und Umweltschonung in der Landwirtschaft – sieht die Ökonomie einen Widerspruch? *VDLUFA-Kongress-*

band 2009 Karlsruhe, VDLUFA-Schriftenreihe 65, .....

- Heissenhuber, A., 2009 b: Systemare Beurteilung der Erzeugung und des Konsumstierischer Erzeugnisse. In: Tagungsbericht: Nutztierernährung morgen: Gesunde Tiere- effiziente und nachhaltige Erzeugung – wertvolle Produkte. Schriftenreihe aus dem Inst. für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich, 32, 133-142.
- Hörtengruber, S., Zollitsch, W., 2009: Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung – Zur Bedeutung der Systemgrenzen. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg – Gumpenstein (Hrsg.): Tagungsband, 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 137-144.
- Huhtanen, P., Nousianen, J.I., Rinne, M., Kytölä, K., Khalöili, H., 2008: Utilization and partition of dietary nitrogen in dairy cows fed grass silage-based diets. J. Dairy Sci. 91, 3589-3599.
- IPCC, 1996: IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Reference manual 3, chapter 4: Agriculture 4.1-4.20.
- Isermann, R., Isermann, K., 2009: Umsetzung nachhaltiger Tier-Konsumtion und -Produktion in Deutschland und der EU 27. VDLUFA-Kongressband 2009 Karlsruhe, VDLUFA-Schriftenreihe 65, .....
- Kleinhanss, W., Becker, H., Schleaf, K.-H., 1997: Impacts of agri-environmental policy measures on nitrogen emissions from agriculture. In: Romstad, E., Vatn, A. (Eds.), Controlling mineral emissions in european agriculture. CAB Int. pp. 137-155.
- Klohn, W., Voth, A., 2009: Die Landwirtschaft in Deutschland, Vehtaer Materialien zum Geographieunterricht Heft 3, 5. neubearb. Auflage, ISPA, Vehta.
- Kreuzer, M., 2008: Verwertung, Verluste und Optimierung beim Einsatz des Futters vom Grünland. In Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (Hrsg.): Effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion. Mitt. Arbeitsgemeinschaft Grünland u. Futterbau, Bd. 9, 21-28.
- Kreuzer, M., 2009: Methansenkung: eine neue Aufgabe für die Tierernährung. Tagungsbericht: Nutztierernährung morgen: Gesunde Tiere- effiziente und nachhaltige Erzeugung – wertvolle Produkte. Schr.reihe aus dem Inst. für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich, 32, 113-121.
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hrsg.), 2006: Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. KTBL-

Schrift 446, Darmstadt.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hrsg.), 2009: Umweltverträglichkeitsprüfung bei Tierhaltungsanlagen. Ein Wegweiser für die Praxis, KTBL Schrift 477, Darmstadt.

Laible, G., 2009: Enhancing livestock through genetic engineering – Recent advances and future prospects. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 32, 123-137.

Le, P.D., Aarnik, A.J.A., Jingbloed, A.W., Peet-Schwering, C.M.C., Ogink, N.W.M., Verstegen, M.W.A., 2007: Effects of dietary crude protein level on odour from pig manure. *Animal* 1, 734-744.

Lopez-Ridaura, S., van der Werf, H., Paillat, J.M., Le Bris, B., 2009: Environmental evaluation of transfer and treatment of excess pig slurry by life cycle assessment. *J. Environm Management.* 90, 1296-1304.

Martinez, J., Dabert, P., Barrington, S., Burton, C., 2009: Livestock waste treatment systems for environmental quality, food safety, and sustainability. *Biores. Technol* 100, 5527-5536.

Nahm, K.H., 2002: Efficient feed nutrient utilization to reduce pollutants in poultry and swine manure. *Crit. Rev. Environm Sci Technol* 32, 1-16.

Naylor, R., Steinfeld, H., Falcon, W., Galloway, J., Smil, V., Bradford, E., Alder, J., Mooney, H., 2005: Losing the links between livestock and land. *Science* 310, 1621-1622.

NN 2009a: [Wirtschaftslexikon24.net](http://Wirtschaftslexikon24.net).

NN 2009b: Gülle – Exporte nehmen weiter zu. *SuS* (4), 21.

O'Brien, M., Mullins, E. 2009: Relevance of genetically modified crops in light of future environmental and legislative challenges to the agri-environment. *Ann Appl. Biol.* 154, 323-340.

OECD 2005: Manure policy and MINAS: Regulating nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture of the Netherlands. *COM/ENV/EPOC/CTPA/CFA(2004)67/FINAL*.

OECD 2008: Environmental performance of agriculture in OECD countries since 1990. Main report. Paris

Oenema, O., 2004: Governmental policies and measures regulating nitrogen and phosphorus from animal manure in European agriculture. *J. Anim. Sci.* 82, E196-E206.

- Petersen, S.O., Sommer, S.G., Beline, F., Burton, C., Dach, J., Dourmand, J.Y., Leip, A., Misselbrook, T., Nicholson, F., Poulson, H.D., Provolo, G., Sørensen, P., Vinnerås, B., Weiske, A., Bernal, M.-P., Böhm, R., Juhász, C., Mihelc, R., 2007: Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. *Livestock Sci.* 112, 180-191.
- Petersen, S.O., Skov, M., Drøschner, P., Adamsen, A.P.S., 2009: Pilot scale facility to determine gaseous emissions from livestock slurry during storage. *J. Environ. Qual.* 38 1560-1568.
- Relandeau, C., 1999: Aktuelle Fütterungskonzepte zur Verminderung der Stickstoffausscheidung beim Schwein. *Lohmann Information* (4), 1-6.
- Ro, K.S., Cantrell, K.B., Hunt, P.G., Ducey, T.F., Vanotti, M.B., Szogi, A.A., 2009: Thermochemical conversion of livestock wastes: carbonization of swine solids. *Biores. Techn.* 100, 5466-5471.
- Schenkel, H., 2009: Transfer unerwünschter Futterinhaltsstoffe in Lebensmittel tierischer Herkunft. Tagungsbericht: Gesunde Tiere- effiziente und nachhaltige Erzeugung – wertvolle Produkte. Schriftenreihe aus dem Inst. für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich, 32, 194-203.
- Schmidt, J.H., 2008: System delimitation in agricultural consequential LCA. *Int. J. Life Cycle Assess.* 13, 350-364.
- Spandau, P., 2009: Veredlungsbetriebe 2020, Bestandsaufnahme, Herausforderungen, Szenario 2020 – Der Agrarunternehmer von morgen. In: DLG (Hrsg.) *Landwirtschaft 2020: Herausforderungen, Strategien, Verantwortung.*, DLG Verlag, Frankfurt, 45-64.
- Spiekers, H., 2009: Nährstoffmanagement in intensiven Milchviehbetrieben. In: KTBL (Hrsg.): *Landwirtschaft im Umbruch – Herausforderungen und Lösungen.* KTBL – Tagung 18./19.3. 2009 in Goslar, 168-180.
- Spiekers, H.; Dorfner, G., Diepolder, M., 2009: Effiziente und nachhaltige Grünlandnutzung mit Rindern im Alpenvorland. *VDLUFA-Kongressband 2009 Karlsruhe*, VDLUFA-Schriftenreihe 65, .....
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), 2008: *Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels.*
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2006: *Livestock's long shadow: Environmental issues and options.* FAO, Rome.
- Steinwider, A., Guggenberger, T., Gasteiner, J., Podstätzky, L., Gruber, L., Häusler, J., Gallnböck, M., Schauer, A., 2009: Einfluss der Proteinversor-

- gung auf Futtermittelaufnahme, Milchleistung, Pansen- und Blutparameter sowie N-Ausscheidung von Milchkühen. Züchtungskunde. 81, 106-124.
- Stevens, C.J., Quinton, J.N., 2009: Diffuse pollution swapping in arable agricultural systems. Crit. Rev. Environm. Sci. Technol. 39, 478-520.
- Umweltbundesamt (UBA), 2009a: Integrierte Strategie zur Minderung von Stickstoffemissionen.
- Umweltbundesamt (UBA), 2009b: Hintergrundpapier zu einer multimedialen Stickstoffminderungsstrategie, Stand April 2009.
- Vanotti, M., Szogi, A., Bernal, P., Martinez, J., 2009: Livestock waste treatment systems of the future: a challenge to environmental quality, food safety, and sustainability. OECD workshop. Biores. Technol. 100, 5371-5373.
- Zhu, J., Li, Y., Wu, X., Miller, C., Chen, P., Ruan, R., 2009: Swine manure fermentation for hydrogen production. Biores. Technol. 100, 5472-5477.



## **„Produktivität und Umweltschonung in der Landwirtschaft – sieht die Ökonomie einen Widerspruch?“**

Prof. Dr. Dr. h.c. A. Heißenhuber, M. Sc. M. Zehetmeier

Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

### **1. Einleitung**

Die Schonung der natürlichen Ressourcen ist ein erklärtes gesellschaftspolitisches Ziel, dabei ist zu akzeptieren, dass die Versorgung der Menschen mit Nahrungsmitteln zu einem Eingriff in die Naturlandschaft und zu einer Beeinflussung des Ökosystems führen muss. Das Ausmaß dieser Eingriffe hängt von drei Faktoren ab. Zum einen von der Bevölkerungszahl, zum anderen vom Verbrauchsniveau und schließlich von der Ressourcenbelastung je verbrauchter Einheit. Die daraus resultierende Gesamtbelastung kann sich in einem tolerierbaren bzw. reversiblen Bereich bewegen. Die Ressourcenbelastung kann aber auch ein irreversibles Niveau überschreiten, wie das im Bereich des Treibhauseffektes befürchtet wird. Es sei darauf hingewiesen, dass durch menschliche Eingriffe die Qualität bestimmter Ressourcen verbessert werden kann. Hier ist insbesondere das Landschaftsbild zu nennen oder auch die Artenvielfalt.

Im vorliegenden Beitrag soll das Zusammenwirken der unterschiedlichen Einflussfaktoren näher untersucht werden. Insbesondere interessiert die Frage, ob in der Landwirtschaft zwischen hoher Produktivität und Umweltschonung ein Widerspruch besteht.

### **2. Einfluss der Landwirtschaft auf natürliche Ressourcen**

Die Landwirtschaft spielt bezüglich der natürlichen Ressourcen eine dreifache Rolle. Zum einen ist sie Verursacher von Ressourcenbelastungen, zum anderen kann sie einen Beitrag zum Ressourcenschutz leisten, indem sie z. B. zur Anreicherung von Kohlenstoff im Boden beiträgt oder die Kulturlandschaft pflegt. Im Bereich des Klimawandels ist die Landwirtschaft aber auch Betroffener.

## 2.1 Verursacherrolle

Für das Pflanzenwachstum ist Stickstoff ein essentieller Nährstoff, mit dem Sickerwasser geht aber ein Teil der zugeführten Nährstoffe verloren. Insofern ist ein Stickstoffüberschuss unabdingbar. Wenn man davon ausgeht, dass mit steigender Stickstoffdüngung ein abnehmender Ertragszuwachs und eine schlechtere Stickstoffnutzungsrate einhergehen, erhöht sich mit steigender N-Düngung auch der N-Überschuss. Damit verschlechtert sich also die Stickstoffbilanz. Dieses Dilemma lässt sich nicht umgehen, wenngleich sich bei der Verwendung von Mineraldünger die N-Bilanz relativ gut steuern lässt. In Abbildung 1 ist der mögliche Zusammenhang zwischen Einkommen und Ressourcenqualität, z. B. in Form des Nitratgehaltes im Sickerwasser, dargestellt. Die entscheidende Frage besteht darin, die Grenze zwischen Verursacher- und Gemeinlastprinzip festzulegen.

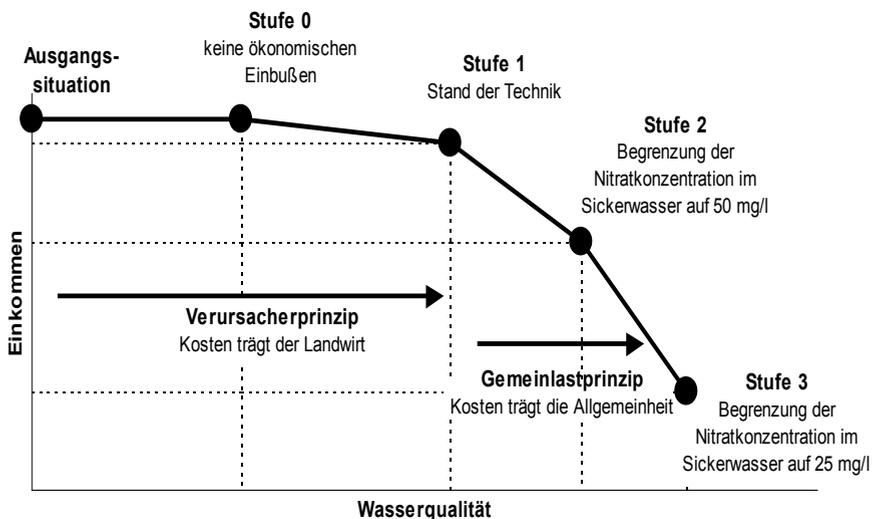


Abb.1: Wasserqualität und ökonomische Konsequenzen

Quelle: eigene Darstellung

Größere Probleme treten diesbezüglich vor allem bei Tierhaltungsbetrieben mit einem hohen Viehbesatz auf. Zum einen bedingt die Ausbringung von Wirtschaftsdünger zu Zeiten ohne Nährstoffaufnahme durch die Pflanze N-Verluste, zum anderen kann die insgesamt erforderliche Stickstoffmenge kaum über Stall-

mist oder Gülle allein abgedeckt werden. Aus diesen Zusammenhängen folgt, dass für den tolerierbaren N-Überschuss Grenzwerte festgelegt werden müssen. Die Festlegung dieser Grenzwerte erfolgte in der Düngeverordnung und war das Ergebnis langwieriger Diskussionen.

Mit zunehmender Nachfrage nach Nahrungsmitteln war es auch angebracht, die Flächenerträge zu steigern. Aus ökonomischer Sicht wird man dabei versuchen, den Gewinn zu maximieren unter Einhaltung der gesetzlichen, betrieblichen und privaten Restriktionen. Die dabei auftretende Belastung der natürlichen Ressourcen darf die vorgegebenen Grenzwerte nicht überschreiten. Eine häufig verlangte Minimierung der Belastung ist nicht umsetzbar, was im Folgenden näher erläutert wird. Wie Abbildung 2 am Beispiel des Weizens für die drei Bereiche Wirtschaftlichkeit, Energie und Treibhausgase (THG) zeigt, liegt aus ökonomischer Sicht die optimale spezielle Intensität auf einem höheren Inputniveau, dargestellt am Beispiel des Stickstoffaufwandes, als das bezüglich der bestmöglichen Energieeffizienz der Fall wäre. Es stellt sich die Frage, ob zur Verbesserung der Energieeffizienz eine Abweichung vom optimalen ökonomischen Intensitätsniveau angestrebt werden soll. Sofern der Unternehmer von außen zu einer Wirtschaftsweise veranlasst werden soll, die eine höhere Energieeffizienz zur Folge hat, dann gibt es hierfür neben der Verbesserung der Produktionstechnik und die gesonderte Honorierung über Umweltprogramme noch die Möglichkeit der Verringerung des im Fachrecht festgelegten tolerierbaren Stickstoffüberschusses.

Neben der Energieeinsparung, beziehungsweise der effizienten Energienutzung stellt die Emission von klimarelevanten Gasen noch einen weiteren sehr bedeutenden Gesichtspunkt dar. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist, ergibt sich in Abhängigkeit vom Intensitätsniveau, d. h. vom Stickstoffeinsatz, eine ansteigende Emission von Treibhausgasen. Damit zeigt sich ein weiterer Aspekt, der in Verbindung mit Stickstoff steht, nämlich die Emission von Lachgas. Der dargestellte Korridor berücksichtigt unterschiedliche Emissionen an Lachgas. Eine Minimierung der Lachgasemission bzw. eine gänzliche Vermeidung ist nicht umsetzbar.

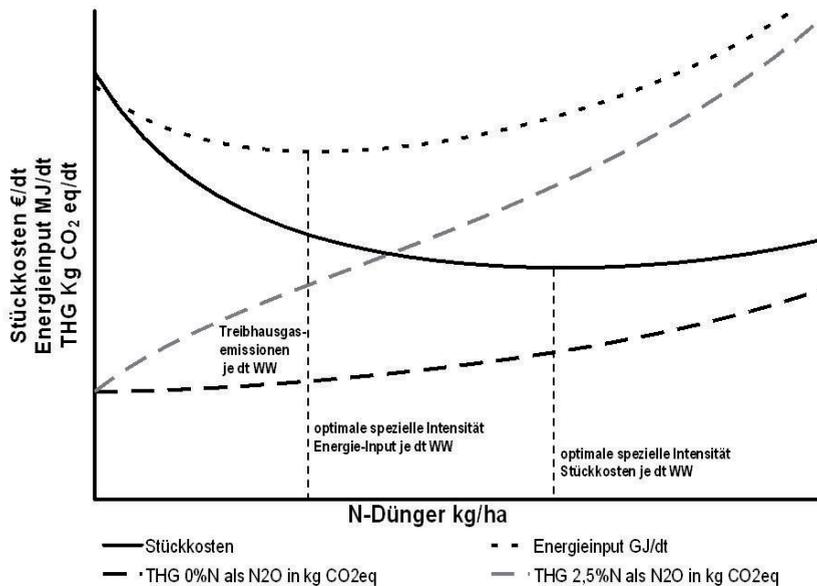


Abb. 2: Verlauf ökonomischer und ökologischer Kennziffern im Weizenanbau in Abhängigkeit von der Düngungsintensität

Quelle: Eigene Darstellung nach Diepenbrock, et al. (1995); Eurostat (2006); Gaillard, et al. (1997); Kaltschmitt, Reinhardt (1997); KTBL (2006); LfL (2007); Patyk und Reinhardt (1997)

Das eigentliche Problem besteht darin, dass bis dato keine Grenzwerte für die Lachgasemission angegeben werden, da diese auch nicht zu überprüfen wären. Hier gibt es also keine ergebnisorientierte Vorgehensweise. Man kann bestenfalls Bedingungen bzw. Handlungen vorgeben, die eine niedrige Lachgasemission zur Folge haben, wie z. B. eine bedarfsgerechte Düngung und die Vermeidung von Schadverdichtungen. Die emittierten Mengen sind zwar relativ gering, aber außerordentlich klimawirksam mit einem Äquivalenzfaktor von 298 (IPCC 2007). Jungkunst et al. (2006) werteten Ergebnisse zahlreicher bis zum Jahr 2005 verfügbarer Studien der BRD über Messungen von N<sub>2</sub>O-Emissionen auf landwirtschaftlich genutzten Böden aus. Dabei zeigt sich, dass die N<sub>2</sub>O-Emissionen in einem Bereich von 0,04 kg N<sub>2</sub>O-N/ha/Jahr bis 17,1 kg N<sub>2</sub>O-N/ha/Jahr liegen. Dies entspricht einer Emission von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von 19 kg bis 8000 kg pro Hektar und Jahr.

Ein weiterer Nebeneffekt der Pflanzenproduktion stellt in weiten Teilen der Erde

die Erosion dar. Die Ausweitung der Nahrungsmittelproduktion durch Umwandlung von Wald bzw. Grünland in Ackerland, die Ausweitung des Anbauumfanges von besonders ertragreichen Reihenkulturen, z. B. Mais, oder die Überweidung von Grünlandflächen durch zu hohen Tierbesatz, sind maßgebliche Ursachen. In den Cross Compliance-Vorschriften sind Fruchtfolgerestriktionen und Begrenzungen für den Grünlandumbruch vorgegeben, über deren Wirksamkeit es unterschiedliche Einschätzungen gibt. Mit zunehmender Nachfrage nach Nahrungsmitteln wird diese Problematik tendenziell verschärft. Es ist also erforderlich, eine Balance zu finden zwischen einer nachhaltigen Bewirtschaftung und einem kurz- und mittelfristig höheren Ertragsniveau.

Werden neben dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit noch die Aspekte des Klimaschutzes und der Biodiversität betrachtet, dann ergibt sich eine Mehrzieloptimierung. Bei einzelnen Indikatoren wird man standortbezogene Mindestanforderungen definieren. Dies wird besonders deutlich bei den biotischen Ressourcen, die z. B. mit dem Anteil der Strukturelemente in einer Landschaft einhergehen. Der Schutz der biotischen Ressourcen ist aus volkswirtschaftlicher Sicht ebenfalls mit Kosten und Nutzen verbunden. Da Kosten und Nutzen sehr stark von den Standortbedingungen abhängen, ergibt sich eine differenzierte Vorgehensweise. Vereinfacht gesagt, in landwirtschaftlichen Gunstlagen wird man andere Ziele bezüglich des Anteils der Strukturelemente bzw. der Biodiversität anstreben als auf weniger ertragreichen Standorten, da die Kosten der Strukturelemente wesentlich höher sind.

## **2.2 Landwirtschaft in der Beschützerrolle**

Ein außerordentlich komplexer Sachverhalt liegt bezüglich der Nutzungsrichtung, d. h. Acker- oder Grünlandnutzung, vor. In der Vergangenheit stellte die Trockenlegung von Mooren mit nachfolgender Umwandlung von Grünland in Ackerland eine typische Kulturleistung dar. Unter Berücksichtigung der Aspekte des Klimaschutzes wird dieser Sachverhalt neu diskutiert. Weltweit stellen die Moore eine wichtige Kohlenstoffsенке dar. In der Abfolge Moor-Grünland-Ackerland werden enorme Mengen an Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid freigesetzt (vgl. Abbildung 3). So wird heute aus Gründen des Klimaschutzes versucht, diese Entwicklung zu stoppen oder gar umzukehren (z. B. Wiedervernässung von Moorböden). Bei der Renaturierung von Feuchtgebieten können 10 bis 20 t CO<sub>2</sub>-Äquiv. pro ha und Jahr an Treibhausgasemissionen vermieden werden. Daraus ergibt sich der klassische Konflikt zwischen Ökonomie und Ökologie. Ein

Ansatz zur Entschärfung dieses Konfliktes besteht in der finanziellen Kompensation.

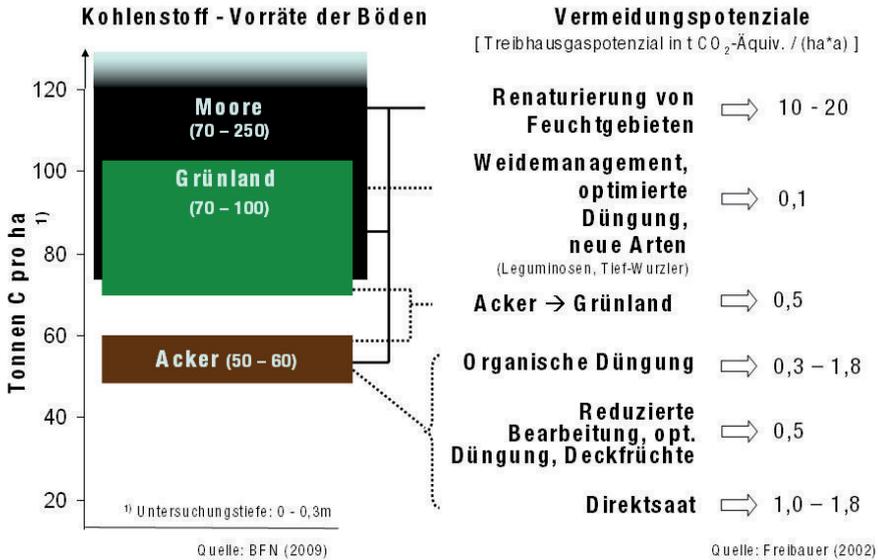


Abb.3: Boden als Kohlenstoffsенке  
Quelle: Jessel (2009), Freibauer (2002)

Insgesamt hängt der Effekt einer Akkumulation von Kohlenstoff im Boden von zahlreichen Faktoren wie dem ursprünglichen Ausgangsgehalt, der Bodenart, der Art der Bewirtschaftung und den klimatischen Verhältnissen ab.

Die vom Landwirt bewirkte Anreicherung des Kohlenstoffgehaltes im Boden könnte als Beitrag der Landwirtschaft zum Klimaschutz gewertet werden. Dabei ist zu diskutieren, unter welchen Bedingungen dieser Vorgang gesondert honoriert wird.

Eine weitere Möglichkeit zum Ressourcenschutz, insbesondere zum Klimaschutz ergibt sich durch die Nutzung der Bioenergie anstelle von fossilen Energieträgern. Da von der Biomasse während des Wachstums Kohlendioxid aufgenommen wird, welches bei der Verwendung (sei es als Nahrungs- oder als Futtermittel oder auch als Energieträger) wieder an die Atmosphäre abgegeben wird, trägt die Nutzung von Bioenergie anstelle von fossilen Energieträgern zur Minderung der Kohlendioxid-Emission, also zu einer CO<sub>2</sub>-Minderung bei. Die Höhe der

CO<sub>2</sub>-Minderung hängt u. a. vom Umfang des vorab erforderlichen Energieinputs ab. Ein wichtiges Kriterium stellen die sogenannten CO<sub>2</sub>-Minderungskosten dar. Diese schwanken in einem sehr großen Bereich. Aus naheliegenden Gründen ist es angebracht, diejenigen Maßnahmen zu bevorzugen, die bezüglich des Klimaschutzes niedrige Kosten verursachen. Bioenergie zählt häufig nicht zu den kostengünstigsten Varianten.

In der Literatur finden sich Aussagen, welche den Einsatz von Bioenergie sehr kritisch sehen. In erster Linie sind folgende zwei Gründe zu nennen, nämlich die Konkurrenz der Bioenergie zur Erzeugung von Nahrungsmitteln, die in steigenden Pachtpreisen zum Ausdruck kommt, und die mit der Produktion von Bioenergie verbundene Emission klimawirksamer Gase, wie z. B. Lachgas, welche die klimaentlastende Wirkung der Bioenergie deutlich verändern.

### **3. Tierhaltung und Ressourcenbelastung**

Die Tierhaltung wird als eine wesentliche Ursache für die Ressourcenbelastung insbesondere für den Klimawandel dargestellt. Darüber hinaus wird auch auf die Nahrungskonkurrenz zum Menschen verwiesen.

Es ist nun einmal unbestritten, dass bei der Umwandlung von pflanzlichen Erzeugnissen in Nahrungsmittel tierischen Ursprungs Transformationsverluste auftreten. Der Verzehr von Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs wiederum spielt in nahezu allen Kulturen eine wichtige Rolle.

Bezüglich des Klimaschutzes wird vor allem die Rinderhaltung an den Pranger gestellt. Dieser Sachverhalt ist nicht zu bestreiten. In der Rinderhaltung schlägt besonders die Methanemission mit einem Äquivalenzfaktor von ca. 25 sehr stark zu Buche (IPCC 2007). Dementsprechend belaufen sich die jährlichen Methanemissionen einer Milchkuh auf 140 bis 150 kg, das entspricht einer Äquivalenzemission von ca. 3500 kg CO<sub>2</sub>.

Die Methanemission ist weniger von der Leistungshöhe abhängig. Daraus folgt bei einem niedrigeren Leistungsniveau eine relativ hohe THG-Emission je Produkteinheit. Diesbezüglich weisen also „Intensiv-Verfahren“ Vorteile auf. Der Vorteil eines hohen Leistungsniveaus wird jedoch bei einer gemeinsamen Betrachtung der Erzeugung von Milch und Fleisch relativiert. In der Milchkuhhaltung

tung führt die Leistungssteigerung dazu, die fehlende Rindfleischmenge (aufgrund geringerer Kälberzahl) durch eine Ausweitung der Mutterkuhhaltung zu kompensieren. Im Vergleich der beiden Szenarien ergeben sich höhere Treibhausgasemissionen, sofern sog. Zweinutzungsrinder eingesetzt werden, deren Kälber auch für die Fleischerzeugung verwendet werden können (vgl. Abb. 4).

<b>1,0 Kühe (Ausgangssituation)</b>	<b>136,0 kg CH<sub>4</sub></b>
<b>0,75 Kühe nach 25 % Leistungssteigerung <sup>1)</sup></b>	<b>110,3 kg CH<sub>4</sub></b>
<b>Reduktion der Methanemission</b>	<b>- 25,7 kg CH<sub>4</sub></b>
<b>+ 0,3 Mutterkühe <sup>2)</sup></b>	<b>37,2 kg CH<sub>4</sub></b>
<b>Erhöhung der Methanemission</b>	<b>+ 11,5 kg CH<sub>4</sub></b>

<sup>1)</sup> 147 kg CH<sub>4</sub>/Kuh

<sup>2)</sup> 124 kg Methan pro Mutterkuh

Abb. 4: Einfluss einer Steigerung der Milchleistung auf Methanemissionen  
Quelle: eigene Berechnungen nach Flachowsky et al. (2007); KTBL (2006); LKV (2008)

Eine oft geforderte Einschränkung der Rinderhaltung ist differenziert zu beurteilen. Es muss darauf hingewiesen werden, dass von den etwa 6 Mrd. ha landwirtschaftlich nutzbarer Erdoberfläche etwa 4,5 Mrd. ha Grünland darstellen (vgl. Abb. 5). Diese können nur über den Wiederkäuer für die menschliche Ernährung nutzbar gemacht werden. Darüber hinaus weist gerade das Grünland eine Fülle von Vorteilen bezüglich des Ressourcenschutzes auf, die heute sogar höher gewichtet werden als in früheren Zeiten.

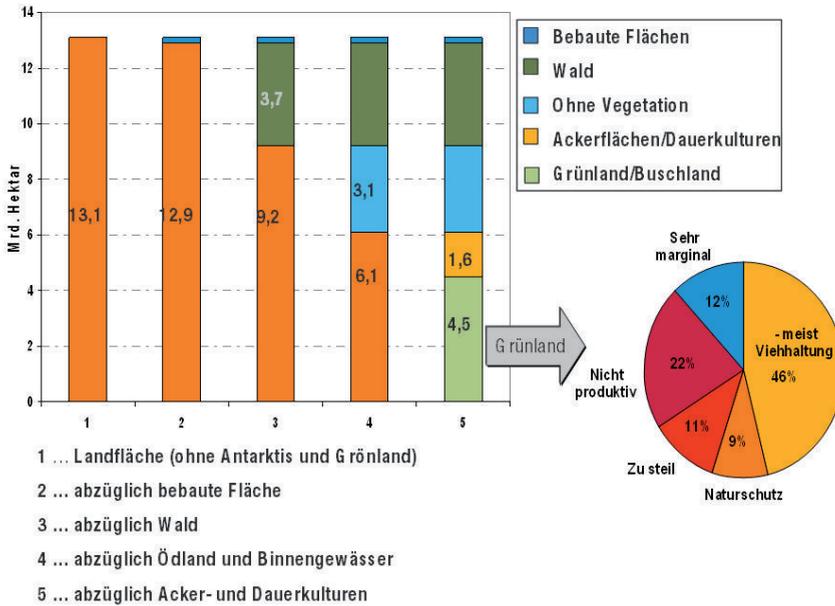


Abb. 5: Aufteilung der weltweiten Fläche  
 Quelle: de Haen (2009)

Es besteht zwar auch die Möglichkeit, vom Grünland Energie zu gewinnen, z. B. über Biogas oder durch Aufforstung und mit nachfolgender Holzernte, jedoch ändern sich damit auch das Erscheinungsbild und das Niveau des Schutzes anderer Ressourcen. Bei der Beurteilung dieser Nutzungsrichtungen spielen die regionalen Verhältnisse eine wichtige Rolle.

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, dass über die Tierhaltung Abfall- und Reststoffe genutzt werden können. Auch diese Stoffe sind ansonsten nicht mehr für die menschliche Ernährung nutzbar.

Eine nicht unwesentliche Funktion hat die Tierhaltung in der Förderung der Bodenfruchtbarkeit durch organischen Dünger. Das ist in Teilen der Erde noch heute so und war in Mitteleuropa bis in das 19. Jahrhundert von größter Bedeutung.

Zukünftig ist damit zu rechnen, dass bei steigenden Getreidepreisen und steigender Nachfrage nach Fleisch die Rinderhaltung auf Ackerbaustandorten ge-

genüber den anderen Verfahren der Tierhaltung an Wettbewerbskraft einbüßen wird, während die Rinderhaltung auf Grünlandstandorten gegenüber den Ackerbaustandorten an relativer Wettbewerbskraft gewinnen dürfte. Innerhalb der Rinderhaltung gibt es eine Fülle von Verfahren, die mit unterschiedlicher Intensität betrieben werden. Nicht zuletzt unter Berücksichtigung von Tiergesundheits- und Umweltaspekten sowie den sich ändernden Preis-Kosten-Verhältnissen ist eine Diskussion über die optimale Intensität zu führen.

#### **4. Fazit**

Die landwirtschaftliche Produktion basiert auf der Kultivierung von Naturlandschaft. Die sich dabei ergebende Kulturlandschaft stellt das Koppelprodukt der Landbewirtschaftung dar. Durch diesen Vorgang werden die natürlichen Ressourcen maßgeblich beeinflusst. Dies erfolgt in einigen Bereichen in einem positiven Sinne, bei anderen Bereichen wird das überwiegend negativ beurteilt, wobei die Einschätzung teilweise subjektiv geprägt ist. Mit zunehmender Steigerung der Produktivität nehmen die positiven Beurteilungen tendenziell ab, während die negativen Einschätzungen eher zunehmen. Zu unterscheiden ist dabei zwischen den Arten von Ressourcen. Bei den abiotischen Ressourcen existieren innerhalb eines Landes teilweise exakt definierte Grenzwerte, die sich im Laufe der Zeit ändern können, während bei den biotischen und ästhetischen Ressourcen eine differenzierte Beurteilung erfolgt. So hat man z. B. beim Stickstoffüberschuss bis in die 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts in der EU keine gesetzlichen Grenzwerte festgelegt, während heute über die Düngeverordnung bzw. über die Cross Compliance-Regelungen eine Limitierung erfolgt. Demgegenüber gibt es weltweit noch viele Länder, in denen keine derartigen Verordnungen existieren.

Bei den biotischen und ästhetischen Ressourcen sind exakte Grenzwerte schwieriger festzulegen, darüber hinaus hat die Gesellschaft, nicht zuletzt aus ökonomischen Gründen, unterschiedliche Erwartungen. So wird man z. B. in den hochartragreichen Regionen an biotische und ästhetische Ressourcen andere Anforderungen stellen als in ertragschwächeren, landschaftlich meist reizvolleren Regionen.

Zwischen Produktivität und Umweltschonung besteht aus einzelbetrieblicher, kurz- und mittelfristiger Sicht häufig ein Konflikt. Je langfristiger, d. h. je nachhaltiger

ger die einzelbetriebliche Sichtweise, desto mehr entschärft sich dieser Konflikt. Aus einzelbetrieblicher Sicht wird dabei häufig das Argument gebracht, dass sich die anderen Landwirte in anderen Ländern nicht an dieser Sichtweise orientieren und deshalb Kostenvorteile haben. Diesem Dilemma kann man nur entinnen, wenn alle in einem gemeinsamen Markt agierenden Unternehmen mit den gleichen Regeln konfrontiert werden. Eine weitere Vorgehensweise besteht darin, die in einem Land vorzufindenden höheren Erwartungen an den Umweltschutz im Rahmen von Umweltschutzprogrammen gezielt zu honorieren. Schließlich bleibt noch das Problem mit Importen. Da importierte Waren nicht deshalb an der Grenze abgewiesen werden können, weil sie nach niedrigeren Umweltstandards erzeugt worden sind, besteht noch die Möglichkeit einer Zertifizierung, um den Käufer auf Unterschiede in der Prozessqualität hinzuweisen. Generell kann die Nutzung des technischen Fortschritts dazu beitragen, den Konflikt zwischen hoher Produktivität und Umweltschonung abzumildern.

## 5. Literatur

De Haen, H., 2009: Welternährung 2050: Vortrag im Agrarökonomischen Kolloquium am 14. Januar 2009, Weihenstephan.

Diepenbrock, W., Pelzer, B., Radtke, J., 1995: Energiebilanz im Ackerbaubetrieb. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Arbeitspapier 211, Darmstadt.

Eurostat 2006: Europa in Zahlen. <http://epp.eurostat.cec.eu.int/> (Abrufdatum: 8.8.2006).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2008: FAOStat. Statistics. <http://faostat.fao.org/default.aspx> (Abrufdatum: 25.05.2009).

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

Freibauer, A., 2002: Biogenic Greenhouse Gas Emissions from Agriculture in Europe – Quantification and Mitigation. Dissertation. Universität Hohenheim.

Gaillard, G.; Crettaz, P.; Hausheer, J., 1997: Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon.

IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change), 2007: Climate Change

- 2007 - The Physical Science Basis. Cambridge University Press, New York. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm> (Abrufdatum: 04.11.2008).
- Jessel, B., 2009: Ländliche Entwicklung als Arbeitsfeld moderner Naturschutzpolitik. Vortrag am 14.01.2009 in Berlin auf der Tagung „Innovationskonferenz Ländliche Räume - Naturschutz als Motor Ländlicher Entwicklung“. [http://www.bfn.de/0504\\_vortraege.html](http://www.bfn.de/0504_vortraege.html). (Abrufdatum: 24.07.2009).
- Jungkunst, H.F., Freibauer, A., Neufeldt, H., Bareth, G., 2006: Nitrous oxide emissions from agricultural land use in Germany - a synthesis of available annual field data. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169, 341-351.
- Kaltschmitt, M., Reinhardt, G. A. (Hrsg.), 1997: Nachwachsende Energieträger - Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft GmbH, Braunschweig, Wiesbaden.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (Hrsg.), 2006: Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. 20. Auflage, Darmstadt.
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (Hrsg.), 2007: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. LfL, 8. überarbeitete Auflage, Freising.
- LKV (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V.), 2008: Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2008. Online verfügbar: [http://www.lkv.bayern.de/media/mlp\\_jahresbericht2008.pdf](http://www.lkv.bayern.de/media/mlp_jahresbericht2008.pdf) (Abrufdatum: 21.10.2008).
- Patyk, A.; Reinhardt, G., 1997: Düngemittel - Energie- und Stoffstrombilanzen. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden.

## **Auswirkungen des landwirtschaftlichen Fachrechts auf Umwelleistungen der Landwirtschaft**

MinR Friedel Cramer,

Leiter des Referats Acker und Pflanzenbau, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn.

Das landwirtschaftliche Fachrecht bildet den Kern der gesetzlichen Vorschriften für die landwirtschaftliche Erzeugung. Dem Thema dieses Beitrags entsprechend, stehen hier die umweltrelevanten Fragestellungen im Vordergrund.

Zunächst einige generelle Bemerkungen zur Entwicklung des landwirtschaftlichen Fachrechts. Am Beispiel des Düngerechts wird deutlich, dass ursprünglich in der Regel die Sicherung der Ernährung das Hauptziel ordnungsrechtlicher Vorgaben war, während heute die Aspekte sicherer und umweltgerecht erzeugter Lebensmittel immer mehr im Vordergrund stehen: Als Reaktion auf die Hungersituation des Ersten Weltkriegs wurde im August 1918 mit der Verordnung über künstliche Düngemittel das Düngemittelrecht – wenn auch im wesentlichen zur Preisfestsetzung – erstmals für ganz Deutschland einheitlich geregelt. Die Wirksamkeit der Düngemittel stand über Jahrzehnte im Vordergrund düngemittelrechtlicher Regelungen; die Verwendung von Düngemitteln wurde in den 1950er Jahren sogar subventioniert. Mit steigendem Wohlstand und sicherer Versorgungslage änderten sich die Schwerpunkte des gesellschaftlichen Interesses. Heute stehen vielfach die Aspekte des Umwelt- und des Verbraucherschutzes im Vordergrund von Diskussionen über das Düngemittelrecht.

Dies trifft für das gesamte Fachrecht zu, das die gute fachliche Praxis der pflanzlichen Erzeugung vor allem in folgenden Bereichen regelt:

- Grundanforderungen an die Betriebsführung („Cross Compliance“)
- Düngung
- Pflanzenschutz
- Bodenschutz
- Naturschutz
- nachwachsende Rohstoffe
- (Gentechnik)

Die ersten vier Regelungsbereiche gelten für alle Produktionsverfahren in gleicher Weise, die übrigen sind zusätzlich bei besonderen Erzeugungsrichtungen mitanwendbar.

Unter der Bezeichnung Cross Compliance haben die Regelungen der Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates vom 19.01.09 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik Eingang in die Landwirtschaft gefunden. Danach sind Direktzahlungen für die Landwirtschaft zu kürzen, wenn gegen die Grundanforderungen an die Betriebsführung aus verschiedenen EG-Richtlinien in den Bereichen

- Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanzen,
  - Umwelt oder
  - Tierschutz
- verstoßen wird.

Dabei sind für den Bereich Umwelt die nationalen Vorschriften zur Umsetzung folgender Richtlinien maßgeblich: Vogelschutz, Grundwasser, Klärschlamm, Nitrat und Naturschutz („FFH“). Außerdem haben Verstöße gegen die von den Mitgliedstaaten erlassenen Regelungen zur Erhaltung der Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand Kürzungen der Direktzahlungen zur Folge. Diese Regelungen betreffen

- Schutz des Bodens vor Bodenerosion,
- Erhaltung des Anteils der organischen Substanz im Boden,
- Erhaltung der Bodenstruktur,
- Mindestmaß an Instandhaltung von Flächen,
- Erhaltung von Landschaftselementen,
- Vermeidung des Vordringens unerwünschter Vegetation auf landw. Flächen,
- Schutz von Dauergrünland sowie
- (neu) Gewässerschutz und Wasserbewirtschaftung

Deutschland hat diese Vorgaben mit dem Direktzahlungen-Verpflichtungengesetz (Direkt-ZahlVerpFG) und der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung (DirektZahlVerpFV) umgesetzt. Die erst im Januar 2009 im Gemeinschaftsrecht neu verankerten Verpflichtungen zum Gewässerschutz und Wassermanagement bedürfen in Deutschland – auch nach Einschätzung der Kommission – keiner weiteren Umsetzung, da mit den flächendeckenden Regelungen zum Gewässerabstand in der Düngeverordnung die „Hausaufgaben“ bereits umgesetzt sind.

Im Frühjahr 2009 wurden nach langer und intensiver Diskussion in der Verordnung die Regelungen zum Erosionsschutz an die Vorgaben des Gesetzes angepasst. Wegen des verspäteten Inkrafttretens der Verordnung musste die Anwendung der neuen Regeln auf den 1. Juli 2010 verschoben werden. Die neuen Vorschriften orientieren sich stärker als die bisherigen an der tatsächlichen Erosionsgefährdung der Flächen. Der Grad der Betroffenheit dürfte in den meisten Regionen überschaubar bleiben und die zusätzlichen Maßnahmen auf Flächen, die nicht bereits in spezifische Förderprogramme einbezogen sind, sind verhältnismäßig.

Bei den Vorschriften zum Erhalt der organischen Substanz im Boden fordern die Kontrollbehörden der Länder eine Vereinfachung, damit sich der Kontrollaufwand nicht über mehrere Jahre in die Vergangenheit und/oder die Zukunft erstreckt. Erste Gespräche zwischen BMELV und den Ländern haben dazu stattgefunden.

Das Düngerecht ist – soweit es die EG-Nitratrichtlinie umsetzt – Teil von Cross Compliance; im Übrigen originäres Fachrecht. Das Düngegesetz vom 9. Januar 2009 regelt zum einen die Voraussetzungen für das Inverkehrbringen von Düngemitteln und ähnlichen Stoffen, zum anderen die Anwendung dieser Stoffe. Das Düngegesetz hat zum Ziel

- die Ernährung von Nutzpflanzen sicherzustellen,
- die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhalten oder zu verbessern,
- Gefahren für die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie für den Naturhaushalt vorzubeugen oder abzuwenden,
- Gemeinschaftsrecht umzusetzen oder durchzuführen.

Nach § 3 des Düngegesetzes dürfen deshalb nur Düngemittel angewendet werden, die dem gemeinschaftlichen oder dem nationalen Düngemittelrecht entsprechen und nur im Rahmen der guten fachlichen Praxis (gfP). Zur gfP gehört, dass die Düngung nach Art, Menge und Zeitpunkt der Anwendung am Bedarf der Pflanzen und des Bodens auszurichten ist. Die Anforderungen der gfP beim Düngen werden auf dieser Grundlage in der Düngeverordnung geregelt. Sie betreffen u.a. die Ermittlung des Düngebedarfs, Begrenzungen der Düngermenge, der Zeiträume für die Anwendung bestimmter Düngemittel, Mindestabstände zu Gewässern sowie die Nährstoffbilanzierung und deren Bewertung bei Stickstoff und Phosphor. Nicht zuletzt aufgrund europäischer Forderungen zur Umsetzung der Nitratrichtlinie wurden die Vorschriften immer detaillierter. Damit ver-

schärft sich das Dilemma, allgemeingültige Regelungen für sehr unterschiedliche Standortbedingungen treffen zu müssen. Das neue Düngegesetz enthält deshalb die Möglichkeit, Regelungskompetenzen auf die Länder zu übertragen, damit diese bei Bedarf regionalspezifische Regelungen erlassen können. Mit einer vorgesehenen Änderung der Düngeverordnung soll die Option konkret für die Festlegung der Sperrzeiten, in denen bestimmte Düngemittel nicht ausgebracht werden dürfen, genutzt werden.

In der Düngemittelverordnung, die das Inverkehrbringen von Düngemitteln regelt, soll von dieser Möglichkeit der Regionalisierung kein Gebrauch gemacht werden. Hier geht der Trend vielmehr hin zu einer weitergehenden Harmonisierung auf europäischer Ebene. Auslöser dieser Entwicklung ist die Auslegung des Düngemittelrechts durch die Europäische Kommission, nach der Düngemittel, die in einem Mitgliedstaat der EU rechtmäßig in Verkehr gebracht werden dürfen, in allen anderen Mitgliedstaaten ebenfalls verkehrsfähig sind („gegenseitige Anerkennung“). In der deutschen Düngemittelverordnung wurden in den vergangenen Jahren neben Vorgaben zur Wirksamkeit verstärkt Anforderungen an die Unbedenklichkeit (Schadstoffe, Phyto- und Seuchenhygiene, Abbaubarkeit von Stoffen) festgesetzt. Im Rahmen der EU-Harmonisierung wird hier das Gemeinschaftsrecht „nachziehen“.

Der Zweck des Pflanzenschutzrechts ist es

- Pflanzen vor Schadorganismen und nichtparasitären Beeinträchtigungen zu schützen,
- Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen zu schützen,
- Gefahren, insbesondere für die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie für den Naturhaushalt abzuwenden,
- Gemeinschaftsrecht umzusetzen oder durchzuführen.

Pflanzenschutzmittel dürfen nur dann zugelassen werden, wenn bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung u. a. keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier und auf das Grundwasser und keine nicht vertretbaren Auswirkungen auf den Naturhaushalt auftreten.

Die Bewertung und Zulassung von Wirkstoffen und Pflanzenschutzmitteln erfolgt ab dem Jahr 2011 aufgrund der neuen Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln, die die heute geltende Richtlinie ablösen wird. Danach werden die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe weiterhin auf EU-Ebene

geprüft und in eine Positivliste aufgenommen, während die Mitgliedstaaten wie bisher für die Zulassung der Pflanzenschutzmittel zuständig sind.

Neben der „EU-Zulassungsverordnung“ hat man sich auf EU-Ebene auf eine Richtlinie, die v.a. die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln regelt, geeinigt. Mit dieser Richtlinie werden die Mitgliedstaaten verpflichtet, u.a. nationale Aktionspläne für die nachhaltige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln festzulegen oder die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes ab 2014 verpflichtend einzuführen. Sie enthält auch Regelungen zur Pflanzenschutzgeräteprüfung oder zur Sachkunde, die für Deutschland nicht neu sind, nun aber für alle Mitgliedstaaten gelten werden.

In weiten Bereichen hat das deutsche Rechtssystem im Pflanzenschutz Pate für die jetzigen EU-Regelungen gestanden. Das umfassende Pflanzenschutzgesetz wird begleitet u.a. durch

- die Sachkundeverordnung, die die persönlichen Voraussetzungen des Anwenders und des Pflanzenschutzmittelhändlers regelt,
- die Pflanzenschutzmittelverordnung, die neben der Zulassung auch die Prüfung im Gebrauch befindlicher Pflanzenschutzgeräte regelt,
- die Bienenschutzverordnung, die Details zur Anwendung bienenschädlicher Pflanzenschutzmittel enthält und
- die Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz.

Grundsätzlich dürfen Pflanzenschutzmittel auf Freilandflächen nur angewendet werden, soweit diese Flächen landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzt werden; im Haus- und Kleingartenbereich ist dies nur bei spezieller Kennzeichnung des Pflanzenschutzmittels zulässig. In Gewässern oder unmittelbar an oberirdischen Gewässern und Küstengewässern dürfen Pflanzenschutzmittel grundsätzlich nicht angewandt werden. Seit 2008 sind über die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln Aufzeichnungen über Anwender, Fläche, Datum, Pflanzenschutzmittel, Aufwandmenge sowie Anwendungsgebiet zu erstellen.

Der Bodenschutz ist in verschiedenen Fachgesetzen geregelt (s.o.). Bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung wird die Vorsorgepflicht zur Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch die gute fachliche Praxis dieser Fachgesetze erfüllt. Das Bundesbodenschutzgesetz bestimmt damit den Vorrang des Fachrechts

und ist darüber hinaus nur anzuwenden, soweit die Fachgesetzte bei der Gefahrenabwehr nicht greifen. In den Grundsätzen und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung hat das Bundeslandwirtschaftsministerium die Vorgaben des Bodenschutzgesetzes für Praxis und Beratung konkretisiert.

Das Bundesnaturschutzgesetz wird zum 1. März 2010 in einer neuen Fassung in Kraft treten. Die Vorschriften des § 5 („Landwirtschaftsparagraph“) bleiben im Kern wie im bisherigen Bundesnaturschutzgesetz erhalten. Danach gehört neben den Fachgesetzen zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis

- standortangepasste Bewirtschaftung ,
- nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und langfristige Nutzbarkeit der Flächen gewährleisten ,
- kein Grünlandumbruch erosionsgefährdeter Hängen ,
- keine Beeinträchtigung der Böden über das zur Erzielung eines nachhaltigen Ertrags erforderliche Maß hinaus ,
- konkreter Bezug auf Düngemittel- und Pflanzenschutzrecht .

Neben den vorgenannten Vorschriften, die für die Landwirtschaft insgesamt gelten, sind für spezielle Erzeugungsrichtungen zusätzlich gesonderte Rechtsvorschriften relevant.

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe zur Energieerzeugung wurde jüngst durch die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioStNachV) der Bundesregierung zusätzlichen Vorgaben unterworfen. Die materiellen fachrechtlichen Vorschriften bleiben danach (zunächst) maßgeblich. Betriebe die nach den Cross-Compliance-Vorgaben wirtschaften, erfüllen inhaltlich auch die Anforderungen der BioStNachV; allerdings ist ein zusätzliches umfangreiches Zertifizierungsverfahren vorgesehen, das derzeit von der GTZ m.b.H. im Auftrag des BMU ausgearbeitet wird. Wegen fehlender Rechtsgrundlagen ist davon auszugehen, dass die Einhaltung der CC-Vorgaben aufgrund der Prüfungsergebnisse der zuständigen Behörden sondern zusätzlich parallel durch autorisierte private Zertifizierungsstellen zu überwachen ist.

Im Gentechnikrecht regelt die Verordnung über die gute fachliche Praxis bei der Erzeugung gentechnisch veränderter Pflanzen auf Grundlage des Gentechnikgesetzes die Maßnahmen die ein Landwirt zu ergreifen hat um wesentliche Beeinträchtigungen Dritter beim Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen zu vermeiden. Sie setzt damit den Rahmen für die so genannte „Koexistenz“ zwi-

schen gv-anbauenden und nicht-gv-anbauenden Landwirten, innerhalb dessen nachbarschaftliches Verhalten stattfinden sollte und ggf. in Rechtsstreitigkeiten durchgesetzt werden kann. Die Umweltwirkung gentechnischer Veränderungen werden bereits im Rahmen der gentechnikrechtlichen Zulassung intensiv geprüft. Der Anbau zugelassener Sorten, die zugelassene gv-Konstrukte enthalten, unterliegt keinen weiteren ordnungsrechtlichen Vorgaben.



## **Regelungsinhalte des Umweltrechts und daraus abgeleitete Forderungen an die Landwirtschaft“**

RDir'n Dr. A. Ostermeyer-Schlöder

Leiterin des Referats Nachhaltige Entwicklung ländlicher Räume, Umweltangelegenheiten der Landwirtschaft, Umweltangelegenheiten der Bio- und Gentechnik · Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)  
Bonn

### **Einführung**

Das deutsche Grundgesetz formuliert in Art. 20 a: „Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung .....“

Umweltpolitische Ziele wurden auch völkerrechtlich festgeschrieben z.B. in den drei sogenannten „Rio-Konventionen“ (Klimarahmenkonvention, Biodiversitätskonvention, Wüstenkonvention) von 1992.

Auch für die Europäische Union wurde eine Politik auf dem Gebiet der Umwelt vereinbart. Diese zielt nach Art. 174 (Vertrag von Nizza vom 26. Februar 2001) ab auf Folgendes:

- Die Erhaltung und den Schutz der Umwelt sowie der Verbesserung ihrer Qualität,
- den Schutz der menschlichen Gesundheit,
- die umsichtige und rationale Verwendung der natürlichen Ressourcen und
- die Förderung von Maßnahmen auf internationaler Ebene zur Bewältigung regionaler und globaler Umweltprobleme.

Das EU-Umweltrecht hat sich in den letzten Jahren sehr dynamisch weiter entwickelt. Dabei berücksichtigt die EU-Umweltpolitik unterschiedliche Gegebenheiten in einzelnen Regionen und zielt auf ein hohes Schutzniveau ab. Sie erlaubt den Mitgliedstaaten aber verstärkte Maßnahmen zum Schutz der Umwelt, die über gemeinschaftliche Maßnahmen hinaus gehen. Letztendlich lassen sich inzwischen die meisten deutschen Umweltregelungen auf EU-Recht zurück führen.

EU-Umweltpolitik und –Umweltrecht beruhen auf

- dem Grundsatz Vorsorge und Vorbeugung,
- dem Grundsatz, dass Umweltbeeinträchtigungen an ihrem Ursprung bekämpft werden sollen,
- dem Verursacherprinzip.

Ähnlich hatte der deutsche Einigungsvertrag von 1990 das Vorsorgeprinzip, das Verursacherprinzip und das Kooperationsprinzip (Staat und Bürger) für das deutsche Umweltrecht vorgeschrieben.

### **Das deutsche Umweltrecht – Betroffenheit der Landwirtschaft**

Von den allgemeinen rechtlichen Umweltschutzregelungen sind alle Bürger und damit auch alle Wirtschaftssektoren betroffen. Dies sind die Regelungen zur Umweltprüfung und Umweltplanung, Umweltbeobachtung, Umweltinformation und Umweltbildung, zu Umweltsanktionen und zum Umweltrechtsschutz. So führt das in Umsetzung der EG-Richtlinie über Umwelthaftung zur Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden am 14. November 2007 in Kraft getretene Umweltschadensgesetz z.B. eine öffentlich-rechtliche Umwelthaftung ein.

Unter den besonderen Regelungsbereichen des Umweltrechts sind die Folgenden besonders relevant für die Landwirtschaft:

- Anlagenbezogene Regelungsbereiche  
z.B. der Immissionsschutz und der Klimaschutz, Regelungen zu Energieeinsparung und Erneuerbare Energien (EEG)
- Stoffbezogene Regelungsbereiche  
z.B. Gentechnikrecht, Chemikalienrecht, Pflanzenschutzrecht und Düngemittelrecht sowie Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen durch das Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz
- Grundflächenbezogene Regelungsbereiche  
z.B. Naturschutzgesetz, Bundes-Bodenschutzgesetz, Wasserhaushaltsgesetz

In vielen Rechtsbereichen sind Privilegierungen der Landwirtschaft vor vorgesehen. Bei der Abwägung zwischen Umweltbelangen und wirtschaftlichen Interessen des Agrarsektors hat der Gesetzgeber häufig zu Gunsten der Landwirtschaft entschieden.

**Das gescheiterte Umweltgesetzbuch (UGB)**

Das UGB war politischer Auftrag der Föderalismusreform I und des Koalitionsvertrages. Das historisch gewachsene, zwischen verschiedenen Fachgebieten sowie zwischen Bund und Ländern stark zersplitterte Umweltrecht sollte vereinfacht und in einem Umweltgesetzbuch zusammengefasst werden.

Mit der integrierten Vorhabengenehmigung (iVG) sollte das Nebeneinander verschiedener Genehmigungsverfahren durch ein einheitliches Verfahren bei einer Behörde mit einem einheitlichen Prüf- und Entscheidungsprogramm und einer Genehmigungsentscheidung abgelöst werden, nach dem Prinzip: Ein Projekt – eine Behörde – ein Verfahren – eine Genehmigung.

Zum Beispiel sind für ein Kraftwerk, das Kühlwasser aus einem Fluss entnimmt und Abwasser in ein Gewässer einleitet, eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung und eine wasserrechtliche Erlaubnis (ggf. auch mehrere) erforderlich. Für die Zulassung einer solchen Industrieanlage, sollte künftig eine integrierte Genehmigung (iVG) ausreichen.

Bisher konnte der Bund im Wasser- und Naturschutzrecht nur Rahmenvorschriften erlassen, die Einzelheiten regelten die Länder. Die Föderalismusreform hat dem Bund die Kompetenz für Vollregelungen gegeben. Statt 16 unterschiedlicher landesgesetzlicher Regelungen sollten die Wasser- und Naturschutzvorschriften bundeseinheitlich im UGB geregelt werden.

Ein Umweltrecht aus einem Guss hätte auch bei den Bürokratiekosten und unter wirtschaftlichen Aspekten positiv zu Buche geschlagen. Der Nationale Normenkontrollrat erwartete vom UGB eine deutliche bürokratische Entlastung und einen Impuls für Wachstum und Beschäftigung.

Das UGB ist gescheitert. Die Kritik an der iVG, dass damit neue Genehmigungspflichten geschaffen worden wären, war aber häufig unberechtigt: Keine der Vorhabensarten, die der iVG unterworfen worden wären, waren bislang zulassungsfrei.

Der Unterschied zum geltenden Recht hätte lediglich darin bestanden, dass derzeit unterschiedliche Zulassungsinstrumente zur Anwendung kommen:

Vorhabenart	Zulassungsinstrument nach Umweltgesetzbuch	Zulassungsinstrument nach geltendem Recht
• Industrieanlagen	iVG	Genehmigung nach BImSchG
• Gewässerbenutzungen	iVG	Wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung
• Deponien	iVG	Abfallrechtliche Planfeststellung oder Plangenehmigung
• Rohrleitungsanlagen und künstliche Wasserspeicher	iVG	Planfeststellung oder Plangenehmigung nach UVPG
• Gewässerausbauten Deich- und Dammbauten	iVG	Wasserrechtliche Planfeststellung oder Plangenehmigung

Vorhaben, die bisher genehmigungsfrei waren, wären auch künftig genehmigungsfrei geblieben. Das gilt insbesondere auch für so genannte **landwirtschaftliche Hofstellen**.

Bestehende Zulassungen wären automatisch übergeleitet worden. Landwirtschaftliche Betriebe hätten keine neue oder zusätzliche iVG beantragen müssen.

### Reform des Umweltrechts im Juli 2009

Nach dem Scheitern des UGB im Februar 2009 wird es keine integrierte Vorhabengenehmigung geben. Es bleibt bei den komplizierten, z. T. noch aus den 50er Jahren stammenden Genehmigungsstrukturen und -vorschriften, die erwarteten Erleichterungen für Wirtschaft und Verwaltung werden nicht eintreten.

Dennoch konnte aber wenigstens zum ersten Mal in der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland ein bundesweit unmittelbar geltendes Naturschutz- und

Wasserrecht beschlossen werden. Das **Gesetz zur Neuregelung des Wasserrechts**, das das alte Wasserhaushaltsgesetz ablöst, und das **novellierte Bundesnaturschutzgesetz** treten am 01. März 2010 in Kraft.

### **Zu den umweltrechtlichen Regelungsbereichen und ihren Anforderungen im Einzelnen**

#### **Anlagenbezogene Regelungsbereiche (Immissions- und Klimaschutz)**

Das **Immissionsschutzrecht** differenziert nicht zwischen landwirtschaftlichen und sonstigen Tätigkeiten, d.h. es gelten grundsätzlich alle immissionsschutzrechtlichen Vorschriften auch für die Landwirtschaft. So bedürfen bestimmte landwirtschaftliche Anlagen (das sind insbesondere Anlagen nach Nummer 7.1 des Anhangs zur **4.BImSchV**, z.B. sehr große Tierhaltungsanlagen mit 40.000 Hennenplätzen oder 2000 Mastschweineplätzen) einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung, und sie unterliegen denselben Anforderungen an Zulassung und Überwachung wie auch sonstige Industrieanlagen. Hinsichtlich der materiellen Anforderungen gelten daher auch für diese Anlagen die Grundpflichten nach § 5 BImSchG. In der TA Luft finden sich spezielle Konkretisierungen dieser Grundpflichten für landwirtschaftliche Anlagen (vgl. Nr. 5.4.7.1 TA Luft, z.B. Abstandsregelungen zur Wohnbebauung). Die Grundpflichten umfassen z.B. Vermeidung von und Vorsorge vor schädlichen Umweltwirkungen, Vermeidung von Abfällen und sparsame und effiziente Verwendung von Energie.

Soweit landwirtschaftliche Anlagen keiner immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bedürfen, unterliegen sie den Anforderungen an nicht genehmigungsbedürftige Anlagen gem. §§ 22 ff. BImSchG, die in eine ähnliche Richtung zielen.

Mit Blick auf die **Klima- und energiepolitischen Ziele der Bundesregierung** (Senkung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 Prozent gegenüber 1990; Kontinuierliche Erhöhung des Anteils der Erneuerbaren Energien im Endenergieverbrauch von heute rund 9 Prozent auf 18 Prozent bis 2020) wurde das **Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP)** der Bundesregierung aufgelegt. Es handelt sich um ein Paket von Gesetzen, Verordnungen und weiteren Maßnahmen wie Förderprogrammen, die im wesentlichen auf

- die Förderung der Energieeffizienz und
- die Förderung des Einsatzes von Erneuerbaren Energien abzielen.

Neben dem IEKP ist der **Emissionshandel** das wesentliche Instrument zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, auf das man sich in der EU geeinigt hat. Der Emissionshandel trägt dazu bei, den Ausstoß von CO<sub>2</sub> dort zu reduzieren, wo die Vermeidung am kostengünstigsten ist. Allerdings gilt das **Treibhausgasemissionshandelsgesetz TEHG**, das die Grundlage für den Emissionshandel schafft, nur für industrielle Anlagen. Eine Einbeziehung landwirtschaftlicher Betriebe ist in Anbetracht der Probleme bei der Ermittlung der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen solcher Betriebe nicht absehbar.

Die Landwirtschaft ist allerdings von der Förderung der Erneuerbaren Energien betroffen. In Deutschland stammen 70% der Endenergie aus Erneuerbaren Energien aus Biomasse.

Das **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)** regelt die Vergütung des Stroms aus erneuerbaren Quellen durch die Netzbetreiber.

Gemäß § 27 Abs. 4 Nr. 2 des novellierten EEG erhöht sich für Anlagenbetreiber die (Grund-) Vergütung für Strom aus Biomasse, wenn dieser aus nachwachsenden Rohstoffen oder Gülle nach Maßgabe der Anlage 2 zu diesem Gesetz erzeugt wird um den Bonus für Strom aus nachwachsenden Rohstoffe (NawaRo-Bonus). Der NawaRo-Bonus für Strom aus Biogasanlagen (bis zu einer Leistung von einschl. 500 kW) beträgt 7 Cent/kWh (Anlage 2, VI., Nr. 2 a). Der Bonus erhöht sich zusätzlich um 2 Cent/kWh, wenn zur Stromerzeugung überwiegend Pflanzen oder Pflanzenbestandteile, die im Rahmen der Landschaftspflege anfallen, eingesetzt werden (sog. Landschaftspflegebonus, Anlage 2, VI., Nr. 2 c).

Die **Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV** vom 23. Juli 2009 legt fest, dass nicht nachhaltig hergestellte flüssige Biomasse künftig nicht mehr nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütet werden kann.

Die **Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – Biokraft-NachV** vom ..... soll sicherstellen, dass künftig nur noch Biokraftstoffe, die nachhaltig hergestellt werden, steuerlich begünstigt oder auf die Biokraftstoffquote angerechnet werden können.

Hierdurch wird verhindert, dass die verstärkte energetische Nutzung von Biomasse unerwünschte Auswirkungen auf den Naturhaushalt, das Klima und sozi-

ale Belange hat. Auslöser für die Regelungen in diesem Bereich war weniger die innerhalb der EU produzierte Biomasse als vielmehr die Importe von Palmöl und Soja, die häufig mit Waldzerstörungen und sonstigen Schädigungen von Natur und Umwelt insbesondere in Asien und Lateinamerika in Verbindung gebracht wurden.

Mit den Rechtsverordnungen soll sichergestellt werden, dass Nachhaltigkeitsanforderungen eingehalten werden müssen (keine Biomasse von geschützten Flächen; nachhaltige landwirtschaftliche Bewirtschaftung der zur Herstellung der Biomasse eingesetzten landwirtschaftlichen Flächen innerhalb der europäischen Union gemäß „cross compliance“; Treibhausgaseinsparung gegenüber fossilen Kraftstoffen mindestens 35 %). Sie enthalten darüber hinaus umfangreiche Vorgaben für die Nachweisführung (Anerkennung von Zertifizierungssystemen).

Damit werden die Nachhaltigkeitsstandards der entsprechenden EG- Richtlinien vom April 2009 umgesetzt (EG Richtlinien zu Erneuerbare Energien (2009/28/EG) und Kraftstoffqualität (2009/30/EG) vom 23. April 2009).

### **Stoffbezogene Regelungen (Beispiel: Abfallrecht)**

Ab Mitte der achtziger Jahre setzte sich das politische Kredo der „Abfallhierarchie“ durch: „**Vermeiden, Verwerten, Beseitigen**“.

Inzwischen werden bei Siedlungsabfällen mehr als 60 Prozent der Verwertung zugeführt (2005). Bei den Produktionsabfällen sind es sogar rd. 65 Prozent (2005).

Das umweltpolitische Ziel der Bundesregierung ist, die im Abfall gebundenen Stoffe und Materialien vollständig zu nutzen und somit eine Deponierung von Abfällen überflüssig zu machen. Dabei ist sicherzustellen, dass Schadstoffe aus den Abfällen nicht in neuen Produkten wieder auftauchen, sie müssen vielmehr schadlos ausgeschleust werden.

Die Landwirtschaft ist vom Abfallrecht wie alle anderen Sektoren betroffen. Zusätzlich hat sie aber eine besondere Rolle bei der Verwertung von Klärschlamm

und Bioabfall. Rund 30 % des kommunalen Klärschlammes werden in Deutschland in der Landwirtschaft verwertet (40 % in der EU).

Sowohl **Klärschlammverordnung (AbfKlärV)** als auch **Bioabfallverordnung (BioAbfV)** sollen eine umweltverträgliche Verwertung von biologisch abbaubaren Abfällen und Klärschlämmen auf landwirtschaftliche genutzten Flächen gewährleisten. Sie beinhalten deshalb

- Anforderungen an die Behandlung (z.B. Hygienisierung),
- Anforderungen an Schadstoff- und Fremdstoffgehalte,
- Festlegung der höchstzulässigen Aufbringungsmengen oder Ausschluss bestimmter Flächen,
- Dokumentations- und Nachweispflichten.

Die Vorschriften des Düngemittelrechts bleiben unberührt, damit gelten die Bestimmungen des Düngemittelrechts entsprechend für die Aufbringung.

Beide Verordnungen sollen novelliert werden.

In der novellierten **Klärschlammverordnung** sollen die höchstzulässigen Schwermetallgehalte, die Grenzwerte für organische Schadstoffe (Dioxine, AOX, PCB) verschärft bzw. abgesenkt werden und neue Grenzwerte für weitere organische Schadstoffe wie PFT und Benz-a-pyren aufgenommen werden. Außerdem sollen Anforderungen an Entsorgungsgemeinschaften im Bereich der Klärschlammverwertung aufgenommen werden, die die Berechtigung erhalten sollen, „Qualitätssiegel“ an Klärschlammabgeber zu vergeben.

In der **Bioabfallverordnung** sollen die Liste der grundsätzlich geeigneten Bioabfälle, die Anforderungen an die Behandlung grundlegend überarbeitet werden, insbesondere zur Vergärung (konkrete neue Forderung: Biologische Stabilisierung, um Zersetzungsprozesse und Geruchsbelastungen zu verhindern), die Anforderungen an die hygienisierende Behandlung strenger gefasst werden und ein neues Zustimmungserfordernis bei Verwertung bestimmter Bioabfälle (Abgabe bestimmter schlammförmiger Bioabfälle zur Verwertung vom Anfall-/Erzeugungsort nur noch mit Zustimmung der Behörde, z.B. für produktionsspezifischen Schlamm aus der betrieblichen Abwasserbehandlung (Milchverarbeitung)) eingeführt werden, sowie Dokumentations- und Nachweispflichten verschärft werden.

## **Grundflächenbezogene Regelungsbereiche (Bodenschutz – Gewässerschutz – Naturschutz)**

Der Schutz der **Böden** wurde zunächst indirekt geregelt über Bestimmungen zur Luftreinhaltung, zur Abfallbeseitigung und zur Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft. Zum besseren Schutz der Böden wurde Anfang 1998 das Bundes-Bodenschutzgesetz (**BBodSchG**) verabschiedet, Mitte 1999 erließ die Bundesregierung die dazugehörige Bodenschutz- und Altlastenverordnung.

Das Bundesbodenschutzgesetz enthält zwar in § 17 BBodSchG eine Beschreibung der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft. Es kommt aber nur dann zur Anwendung, wenn im spezifischen landwirtschaftlichen Fachrecht (insbesondere Düngemittel- und Pflanzenschutzmittelrecht), im Immissionschutzrecht und im Abfallrecht sowie in weiteren spezifischen Rechtsbereichen keine Regelungen zum Schutz des Bodens getroffen worden sind. Eine Änderung der im BBodSchG bzw. in der BBodSchV bestehenden Rechtsnormen ist nicht vorgesehen, Bodenschutz war nicht Bestandteil des UGB.

Aufgaben der **Gewässerschutzpolitik** in Deutschland sind, das ökologische Gleichgewicht der Gewässer zu bewahren oder wiederherzustellen, die Trink- und Brauchwasserversorgung zu gewährleisten, eine geregelte Abwasserreinigung sicher zu stellen und alle anderen Wassernutzungen, die dem Gemeinwohl dienen, möglichst im Einklang mit dem Schutz der Gewässer langfristig zu sichern.

Im Zentrum steht nach wie vor die praktische Umsetzung der am 22. Dezember 2000 in Kraft getretenen **EG-Wasserrahmenrichtlinie**.

Eine umfassende Bestandsaufnahme nach der Wasserrahmenrichtlinie von 2004 hat einerseits bestätigt, dass in den letzten 25 Jahren bei der Reinhaltung der Gewässer große Erfolge erzielt werden konnten. Die Schadstoffbelastung wurde deutlich reduziert. Die Bestandsaufnahme hat aber auch gezeigt, dass weiterhin erhebliche Anstrengungen notwendig sind, um unsere Gewässer, einschließlich der Küsten- und Meeresgewässer in einen Zustand zu bringen, der ihre natürliche Funktionsfähigkeit als Lebensraum in vollem Umfang erhält und zugleich die vielfältigen Nutzungen durch den Menschen nachhaltig sichert. Als eine der wesentlichen Herausforderungen werden nach wie vor die Nährstoffeinträge aus diffusen Quellen (z.B. durch Düngung) bezeichnet.

Mit dem **Gesetz zur Neuregelung des Wasserrechts vom 31. Juli 2009** können nun erstmals auf Bundesebene einheitliche Vorgaben zur Bewirtschaftung der Oberflächengewässer, des Küstenmeeres und des Grundwassers in Kraft treten.

Hierin finden sich eine Vielzahl von landwirtschaftsrelevanten Regelungen insbesondere in Art. 1, nämlich der Neufassung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG). Der größte Teil wurde aus dem bestehenden WHG übernommen, wie z.B. das Gebot, den Eintrag von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln in Wasserschutzgebieten zu vermeiden oder die Regelungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.

Das neue Gesetz enthält einige bundesrechtliche Neuregelungen. Besonders relevant für die Landwirtschaft ist die Regelung zu den **Gewässerrandstreifen**: Nach § 38 dienen „...Gewässerrandstreifen ... der Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionen oberirdischer Gewässer, der Wasserspeicherung, der Sicherung des Wasserabflusses sowie der Verminderung von Stoffeinträgen aus diffusen Quellen.“ § 38 ist eine neue Vorschrift, die sich an ähnliche Vorschriften zum Schutz von Gewässerrandstreifen in den meisten Wassergesetzen der Länder anlehnt. „Die nach der Wasserrahmenrichtlinie vorgelegte Bestandsaufnahme zum Zustand der Gewässer hat gezeigt, dass gerade bei den diffusen Verschmutzungsquellen erhebliche Defizite bestehen, die durchgreifend nur mit der in § 38 vorgesehenen bundesweiten Regelung behoben werden können“, so die Gesetzesbegründung.

„...Der Gewässerrandstreifen ist im Außenbereich fünf Meter breit.“ Die Behörden sind aber flexibel in der Festlegung der Breite und die Länder können abweichende Regelungen erlassen.

„...Im Gewässerrandstreifen ist verboten:

- die Umwandlung von Grünland in Ackerland,
- das Entfernen von standortgerechten Bäumen und Sträuchern, ausgenommen die Entnahme im Rahmen einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft, sowie das Neuanpflanzen von nicht standortgerechten Bäumen und Sträuchern,
- der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, ausgenommen die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln ....“.

Das Grünlandumbruchsverbot verhindert Erosionen und damit Abschwemmungen, es unterbindet zudem einen Nitrifikationsschub mit nachfolgendem Austrag von Nitraten und Phosphaten in das Grund- und Oberflächenwasser, so die Gesetzesbegründung. Vom Verbot des „Umgangs“ mit wassergefährdenden Stoffen sind Pflanzenschutzmittel und Düngemittel ausgenommen, weil hier bereits die entsprechenden Vorschriften des Pflanzenschutzmittel- und des Düngemittelrechts zum Tragen kommen.

Das Gesetz sieht die Möglichkeit vor, von den Kernverboten der Vorschrift Befreiungen zu erteilen und gibt der zuständigen Behörde die Flexibilität, soweit im Einzelfall notwendig, bei der Bewirtschaftung von Gewässerrandstreifen für konkurrierende öffentliche und private Belange einen angemessenen Ausgleich zu finden.

Während das neue Wasserhaushaltsgesetz (WHG) insgesamt erst zum 1. März 2010 in Kraft treten wird, gelten die Verordnungsermächtigungen zur Ausfüllung der neuen Bundeskompetenz bereits mit der Verkündung des Gesetzes. Damit kann durch eine **Bundesverordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VUmwS)** das z.T. erhebliche Auseinanderlaufen bei Zulassung, Bau, Betrieb oder Kontrolle von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen wieder auf eine bundeseinheitliche Basis zurückgeführt werden. Die Länder dürfen nur abweichende Regelungen treffen dürfen, soweit sie dazu vom Bund ermächtigt werden.

Im Zuge der Beratungen des WHG ist die ursprüngliche Absicht der Bundesregierung, die so genannte Privilegierung für JGS-Anlagen (Jauche, Gülle, Silagesickersaft) wegen der anerkannten Gewässergefährdungen, die auch von diesen Anlagen ausgehen, abzuschaffen, wieder entfallen. Für JGS-Anlagen sollen nun die Anforderungen der VUmwS nur gelten, soweit sie ausdrücklich genannt werden.

Das neue WHG enthält weiterhin eine Verordnungsermächtigung für eine bundeseinheitliche **Grundwasserverordnung** (zur Umsetzung der EG-Grundwasserrichtlinie), die im ersten Quartal 2010 in Kraft treten.

Durch die Grundwasserverordnung soll insbesondere festgelegt werden, dass

- der chemische Zustand eingestuft wird, (auf Grundlage der europäischen

Qualitätsnormen für Nitrat, Pflanzenschutzmittel und Biozide und auf Grundlage der bundeseinheitlich festzulegenden Schwellenwerte),

- Grundwasserkörper so zu bewirtschaften sind, dass jeder ansteigende Belastungstrend umgekehrt wird und
- der Eintrag bestimmter gefährlicher Stoffe zu verhindern und der Eintrag weniger gefährlicher Schadstoffe zu begrenzen ist.

Auch im **Naturschutz** wird das alte Rahmenrecht, das lediglich allgemeine Vorgaben für die Länder enthielt, abgelöst. Im neuen **Naturschutzgesetz (BNatSchG)** gilt bundesweit: Wer der Natur einen Schaden zufügt, muss diesen in natura auch wieder kompensieren. Davon darf nur abgewichen werden, wenn diese so genannte Realkompensation nicht möglich ist.

Für die Landwirtschaft gelten weiterhin die Grundsätze der **guten fachlichen Praxis (gFP)**, die auch bereits im bisherigen BNatSchG enthalten waren (§5). Zusätzlich zu den für die Landwirtschaft geltenden Vorschriften insbesondere auch in Bezug auf Düngemittel und Pflanzenschutzmittel sowie dem Bodenschutzgesetz soll die Landwirtschaft die folgenden gFP-Grundsätze beachten:

- die Bewirtschaftung muss standortangepasst erfolgen, und die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und langfristige Nutzbarkeit der Flächen muss gewährleistet werden;
- die natürliche Ausstattung der Nutzfläche (Boden, Wasser, Flora, Fauna) darf nicht über das zur Erzielung eines nachhaltigen Ertrages erforderliche Maß hinaus beeinträchtigt werden;
- die zur Vernetzung von Biotopen erforderlichen Landschaftselemente sind zu erhalten und nach Möglichkeit zu vermehren;
- die Tierhaltung hat in einem ausgewogenen Verhältnis zum Pflanzenbau zu stehen und schädliche Umweltauswirkungen sind zu vermeiden;
- auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten ist ein Grünlandumbruch zu unterlassen.

Der Hinweis auf landwirtschaftliches Fachrecht bei der Anwendung von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln ist eine Neuerung in der Novelle.

Für die Landwirtschaft relevante Änderungen im Bundesnaturschutzgesetz betreffen z.B. die Ausgleichsregelung bei Eingriffen in Natur und Landschaft: So

sollen nach § 15 für die Landwirtschaft besonders geeignete Böden nur im notwendigen Ausmaß in Anspruch genommen werden. Vorrangig soll geprüft werden, ob z.B. Entsiegelung bzw. sonstige Maßnahmen des Naturschutzes den notwendigen Ausgleich oder Ersatz sicherstellen können (§15).

Weiterhin gilt nunmehr die Wiederaufnahme der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung 10 Jahre lang nicht als Eingriff, wenn sich Landwirte an Agrar-Umweltprogrammen oder Vertragsnaturschutzprogrammen beteiligt haben (§14). Solche Flächen gelten auch 10 Jahre lang nicht als gesetzlich geschützte Biotop (§ 30).

In § 3 der Novelle wird weiterhin neu festgelegt, dass zunächst geprüft werden soll, ob für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege der Vertragsnaturschutz eine Alternative ist. Weiterhin sollen auch Landwirte und Landschaftspflegeverbände mit der Ausführung von landschaftspflegerischen Maßnahmen beauftragt werden.

Das neue Bundesnaturschutzgesetz ergänzt das Gentechnikrecht insoweit als beim Anbau von zugelassenen gentechnisch veränderten Pflanzen innerhalb von Natura 2000 Gebieten eine FFH-Verträglichkeitsprüfung durchgeführt werden muss.



# Kontroll- und Steuerungsmöglichkeiten für das Erreichen der Umwelt und Produktionsziele

Rolf Kuchenbuch

LUFA Rostock der LMS und Universität Rostock, Rostock

## 1. Grundsätzliches

Die Notwendigkeit zur Steuerung durch Regeln und Maßnahmen ergibt sich immer dann, wenn

- entweder ein Problem erwartet wird und ein beobachteter Zustand erhalten werden soll oder
- wenn bereits ein Problem vorliegt und ein beobachteter Zustand verändert werden soll.

Da es sich um definierte Probleme handelt, die mit einem gesteckten Ziel in einer vorgegebenen Zeit gelöst werden sollen, sind die Vorgehensweisen und Regeln des Projektmanagements anwendbar (Abb. 1).

Im Allgemeinen müssen die ergriffenen oder geplanten Maßnahmen finanziert werden. Dies kann zum einen nach dem Verursacherprinzip geschehen, was für Maßnahmen gilt, die sich aus gesetzlichen Standards ableiten und die deshalb obligatorisch sind: Die Kosten zur Vermeidung, zur Beseitigung und zum Ausgleich von Umweltbeeinträchtigungen werden dem Verursacher zugerechnet. Zum anderen kann nach dem Gemeinlastprinzip verfahren werden, was oftmals für Umweltziele gilt, die auf freiwilliger (fakultativer) Basis umgesetzt werden: Wenn einzelne Verursacher nicht festgestellt werden können oder die Anwendung des Verursacherprinzips zu schweren wirtschaftlichen Störungen führen würde, muss die Allgemeinheit die Kosten ausnahmsweise nach dem Gemeinlastprinzip tragen.

Die Akzeptanz der Steuerungsinstrumente bei den Beteiligten kann immer dann als kritisch angesehen werden, (i) wenn die Umweltziele der verschiedenen Akteure nicht übereinstimmen, (ii) wenn die Produktionsziele der verschiedenen Akteure nicht übereinstimmen, oder (iii) wenn sich Umwelt- und Produktionsziele (scheinbar) nicht vereinbaren lassen. Bei obligatorischen Maßnahmen werden die Maßnahmen kontrolliert und Verstöße gegen die Regeln sanktioniert (Beispiele:

DüV, Cross Compliance). Dies führt häufig zu einer geringen Akzeptanz. Demgegenüber werden bei fakultativen Maßnahmen die Leistungen der Akteure entweder tätigkeits- oder ergebnisorientiert honoriert, wobei oft an die Stelle der Kontrolle die Beratung tritt. Dies führt zu einer hohen Akzeptanz bei den Akteuren.



Abb. 1: Ablaufschema für die Festlegung von Produktions- und Umweltzielen, Planung und Kontrolle der Maßnahmen sowie Feststellung von deren Effizienz.

## 2. Steuerungsmöglichkeiten

Steuerungsmöglichkeiten zur Zielerreichung bestehen prinzipiell dann, wenn zwischen einem beeinflussbaren Parameter und der Zielgröße ein kausaler und quantifizierbarer Wirkzusammenhang besteht. Beispiele hierfür sind Dosis-Wirkungs-Beziehungen, in denen die Veränderung der beeinflussenden Größe das Ergebnis eines Prozesses graduell verändert, oder im einfachsten Fall Steuerungen, die nach dem Prinzip der Ja-Nein-Entscheidungen funktionieren. Möglichkeiten der Steuerung von gerichteten Veränderungen, beispielsweise um Veränderungen von Boden, Wasser, Luft herbeizuführen, liegen in der Quantifizierung von Nährstoff-Salden, Nährstoffgehalten im Boden oder in der Anwendung von mathematischen Modellen, die einen oder mehrere relevante Prozesse abbilden.

### 3. Kontrollmöglichkeiten

#### 3.1 Arten der Kontrolle

Kontrolle ist die **Überprüfung oder Nachprüfung** mit dem Ziel der Bestimmung und Auswertung von Abweichungen vom Zielwert. Nach dieser Definition ist die Kontrolle Bestandteil des Projektprozesses, indem sie die Angemessenheit und Zielerreichung der Maßnahmen feststellt. Kontrollmöglichkeiten für Zielerreichung bestehen dann, wenn die beeinflussbare Größe und die Zielgröße mit ausreichender Genauigkeit messbar sind, und wenn der Parameter ausreichend sensitiv die Veränderungen des Zielparameters widerspiegelt.

Bei Fehlen einer direkt zugänglichen oder mit vertretbarem Aufwand bestimmbarer Messgröße werden oft hilfsweise Indikatoren verwendet, die in einer gewissen Beziehung zur eigentlich interessierenden Messgröße stehen. Indikatoren müssen, genau wie die Messgrößen, eine Reihe von Anforderungen erfüllen: Diese (i) beruhen auf aktuellen Messungen des Zustandes über die Zeit, (ii) entsprechen Standards, u. a. bezüglich Genauigkeit, Wichtigkeit und Vergleichbarkeit, (iii) sind von unabhängigen Fachleuten bestätigt, (iv) können national flächendeckend angewendet werden, in manchen Fällen regional. Wenn diese Standards eingehalten werden, dann können Daten von staatlichen und nicht-staatlichen Organisationen raum- und zeitübergreifend genutzt werden.

Kontrolle kann auch in einer **Überwachung** bestehen, d. h. in der zielgerichteten Beobachtung und Informationserhebung von Objekten, Personen oder Gegenständen – Kontrollen unter diesem Aspekt führen in der Regel zu einer verringerten Akzeptanz der Maßnahmen bei den Akteuren. Gleichwohl ist diese Form der Kontrolle der sachlich richtigen Anwendung der Steuerinstrumente bei obligatorischen und fakultativen Maßnahmen notwendig und möglich. Sie kann beispielsweise in der Kontrolle des faktischen Vorhandenseins (Blühstreifen), in der Kontrolle der sachgerechten Berechnung (Nährstoff-Salden) oder in der Kontrolle der aktuell durchgeführten Tätigkeit (Pflegetmaßnahmen, Bodenuntersuchungen) bestehen. Hervorzuheben ist hier, dass Kontrolle im vorstehenden Sinne nicht sicherstellt, dass das Ziel der Maßnahmen erreicht wird; vielmehr wird allein die sachgerechte Durchführung überwacht. Damit allein ist der Projekterfolg nicht abzusichern.

### **3.2 Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von Steuerung und Kontrolle,**

#### **3.2.1 Fallbeispiel Humusgehalt im Boden**

Probleme: Es werden durch den intensiven Ackerbau Veränderungen von Ackerböden befürchtet (erwartet), die die Funktion des Bodens als Grundlage der Pflanzenproduktion beeinträchtigen (C-Senke, Umsetzungsprozesse, Bodenleben, Erosionsgefährdung).

Formuliertes Ziel: Erhalt, ggf. Erhöhung der Funktionsfähigkeit von Böden.

Indikator der Zielerreichung: Veränderung des organischen C-Gehaltes im Boden

Festgelegte Kontrollgröße: Bestimmung des Humusgehaltes nach VDLUFA-Methoden. Alternative Methode: Humusbilanzierung nach VDLUFA

Diskussion:

Als Indikator für die Zielerreichung ist festgeschrieben (Cross Compliance), dass der Humusgehalt von landwirtschaftlich genutzten Flächen erhalten, ggf. erhöht werden soll. Die Festlegung von Grenzbereichen ist konfliktrichtig, da diese problemabhängig sind und von den verschiedenen Akteuren unterschiedlich gewertet werden. Aus Abbildung 2 geht hervor, dass der betreffende Betrieb für die landwirtschaftliche Produktion ausreichende, auf vielen Teilflächen höhere C-Gehalte aufweist als „notwendig“. Auf diesen Flächen wäre es gerechtfertigt, aus dem Blickwinkel der landwirtschaftlichen Produktion einen Humusabbau zu tolerieren. Betrachtet man den Boden in seiner Funktion als C-Senke, so wäre der C-Gehalt auf den Flächen anzuheben, die unterhalb eines festgelegten, fachlich oder administrativ begründeten Grenzwertes liegen. Betrachtet man wiederum die Möglichkeit unkontrollierbarer Verluste von Stickstoff an die Umwelt, die sich aus der Umsetzung organischer N-Verbindungen ergeben, so steht zu erwarten, dass diese Prozesse mit zunehmendem C-Gehalt an Bedeutung gewinnen. Je nach Prioritätensetzung besteht demnach ein erhebliches Potenzial für Zielkonflikte und damit unterschiedliche Akzeptanz der Zielsetzung bei den Akteuren.

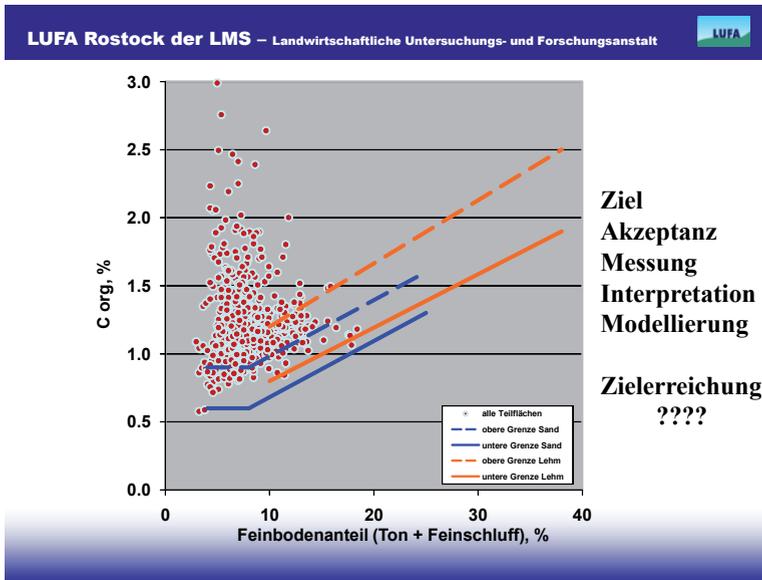


Abb. 2: Gehalte an organischem Kohlenstoff in Teilflächen eines Ackerbaubetriebes in Mecklenburg-Vorpommern. Farbige Linien begrenzen den Bereich der C-Gehalte, die von KÖRSCHENS für die landwirtschaftliche Produktion als anzustreben eingestuft wurden.

Als Kontrollgröße für die Zielerreichung ist die Humusbilanzierung ein Weg. Diese baut auf einer Vielzahl von Langzeitversuchen auf und fasst deren Ergebnisse in einem Regelwerk zusammen. Ob diese Regeln eine allgemeine Gültigkeit haben, ist nicht sicher, aber in erster Näherung anzunehmen. Sicher ist dagegen, dass nicht alle möglichen Produktionssysteme und nicht alle Umsetzungsprozesse durch Regeln abgebildet werden können. Es bedarf demnach einer Kontrolle der Zielerreichung. Diese Kontrolle ist anhand des C-Gehaltes nicht möglich, da dieser ein Indikator für ganz unterschiedliche Zielgrößen ist und die jeweiligen, zugrunde liegenden Dosis-Wirkungs-Beziehungen qualitativ zutreffend und plausibel sind, aber nicht quantitativ übereinstimmen.

Alternativ kann zur Zielerreichung die direkte physikalisch-chemische C-Bestimmung an Bodenproben im Labor durchgeführt werden. Ergebnisse aus Dauerversuchen zeigen, dass Veränderungen des C-Gehaltes um 0,01% nur über Zeiträume von einigen Jahren zu erreichen sind. Gleichzeitig bergen die Bodenprobenahme und Laboranalytik Unsicherheiten, die eine Differenzierung von Veränderungen erst im Bereich von 0,1% C im Boden möglich machen. Die

Sensitivität der Kontrollgröße ist somit gerade ausreichend, um **Veränderungen nach etwa 10 Jahren sicher zu messen. Dies birgt eine erhebliche Unsicherheit in sich, wenn auf Grundlage der Messung Sanktionen für die Nichtbeachtung von obligatorischen Maßnahmen abgeleitet werden sollen.**

### 3.2.2 Fallbeispiel Nitrat-Stickstoff im Boden

Probleme: Unerwünschter Ab- und Austrag aus Ackerflächen, die zur Eutrophierung von Oberflächengewässern führen; mögliche Gefährdung der Gesundheit durch Austrag von Nitrat ins Grundwasser, das der Trinkwassergewinnung dient. Formuliertes Ziel: Senkung der  $\text{NO}_3$ -Konzentration im Oberflächen- und Grundwasser

Kontrollgröße der Zielerreichung: Veränderung der  $\text{NO}_3$ -Konzentration im Oberflächen- und Grundwasser

Festgelegte Kontrollgröße: N-Bilanzssalden

#### Diskussion

Um die mit dem  $\text{NO}_3$  in landwirtschaftlichen Nutzflächen verbundenen Probleme zu lösen, bestehen mehrere prozessbezogene Steuerungsmöglichkeiten: die Reduzierung der Transportprozesse (Auswaschung, Ableitung, Abtrag). Beispiele für die Kontrollmöglichkeiten von Maßnahmen, die diese Transportprozesse verändern, sind Beobachtungen von Beregnung, Erosion und Dränagen. Weiterhin werden die Transportraten von N durch die Verringerung des N-Gehaltes im Boden reduziert (Reduzierung der N-Düngung, Erhöhung der N-Abfuhr durch Ernteprodukte, Erhöhung der Effizienz der Düngung, d. h. Verengung des Verhältnisses von Input zu Output). Für die Kontrolle dieser Maßnahmen stehen zum Beispiel die schlagspezifische Dokumentation (GPS/Düngerstreuer), Pflanzenanalysen und Schätzungen sowie Nährstoff-Salden zur Verfügung.

Die Berechnung eines N-Saldos, zum Beispiel nach der in Abbildung 3 gezeigten Hoftor-Methode, stellt eine starke Vereinfachung dar, da sie eine Massenbilanz zum Indikator für Prozesse macht. Es ist zwar naheliegend, aber nicht zwingend, dass mit einem Massenüberschuss auch ein erhöhter Austrag einhergeht. Es besteht die Gefahr, dass das Erreichen einer Kontrollgröße mit der Zielerreichung gleichgesetzt wird. Kritisch bei Bilanzierungsansätzen wird vor allem betrachtet, wenn Schätzgrößen anstelle von Messungen in die Bilanzierung eingehen, weil möglicherweise unterschiedliche Annahmen und/oder pauschalisierende Tabellenwerte die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit zwischen Flächen und

Betrieben einschränken. Damit verstoßen „Salden“ u. U. gegen wesentliche Regeln, die für Indikatoren gelten.

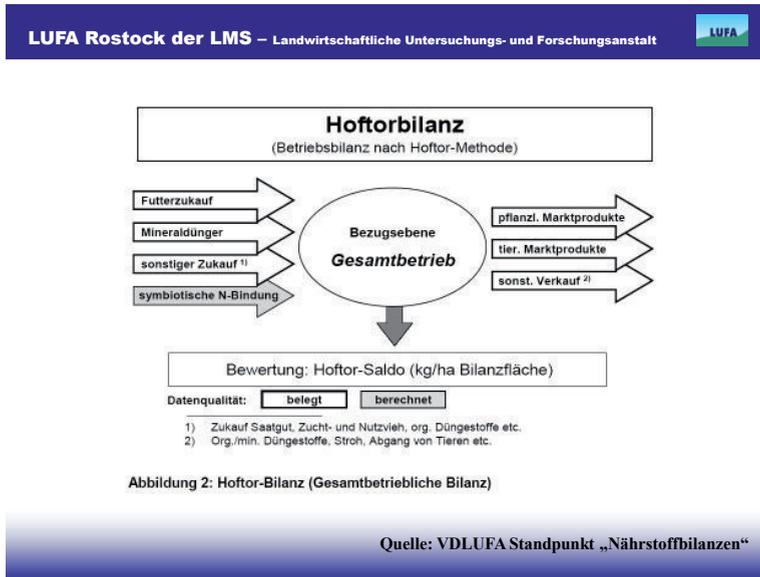


Abb. 3: Schematischer Aufbau der Betriebsbilanz für Nährstoffe nach der Hoftor-Methode

Der Saldierungsansatz beruht auf der Annahme, dass mit einem bestimmten N-Überschuss eine Gefährdung von Mensch und Umwelt auf ein tolerierbares Maß eingestellt wird. Die Problematik dieses Ansatzes sei anhand von Systembetrachtungen belegt, die sich aus den Arbeiten von J. AUGUSTIN, ZALF Münchberg, mit <sup>15</sup>N-Technik ergeben: Nimmt man an, dass ein Boden 0,3% Gesamt-N enthält, so ergibt dies eine Masse von 13.500 kg N/ha. Nimmt man weiter an, dass ein Fließgleichgewicht zwischen reaktivem und nicht reaktivem Stickstoff im Boden im Verhältnis von 1:5 besteht, so setzt sich die Gesamtmasse an N aus 2.700 kg N/ha reaktivem und 10.800 kg N/ha nicht reaktivem N zusammen. Nur dieser reaktive N trägt zur Ernährung der Pflanze bei und belastet ggf. die Umwelt. Greift nun der Mensch in dieses System ein und düngt beispielsweise 125 kg N/ha mehr als mit dem Erntegut vom Feld abgefahren wird (=positiver N-Saldo), dann verändert sich die Gleichgewichtssituation des Systems von 2.700: 10.800 kg N/ha nach 2.725:10.900 kg N/ha. Dies ist eine Veränderung von nur 0,01%! Ein dann

um 100 kg N/ha auf 25 kg N/ha verringerter N-Saldo bewirkt eine geringfügige Veränderung im System von 2.025 auf 2.705 reaktivem N. Dieses Zahlenbeispiel macht klar, dass das System durch die großen N-Mengen und die relativ geringen induzierbaren Veränderungen sehr stabil ist. Daher wird die Zeitspanne bis zur angestrebten Erreichung reduzierter N-Austräge – zumindest bei nicht deutlich negativen N-Salden - sehr lang sein. Darunter und unter messtechnischen und Probenahme-Problemen leidet die Kontrollierbarkeit der Zielerfüllung.

#### **4. Zusammenfassung**

- Steuerungsmöglichkeiten für Umweltziele sind in einer Vielzahl vorhanden.
- Kontrollmöglichkeiten für die (korrekte) Durchführung der Maßnahmen sind vorhanden.
- Es besteht die Gefahr, dass die Kontrolle der sachgerechten Durchführung der Maßnahmen mit der Kontrolle der Zielerreichung verwechselt oder gleichgesetzt wird.
- Die Kontrolle der Zielerreichung ist aufgrund methodischer Beschränkungen, sowie der Zeit- und Raumskalen stark erschwert.

# **Strategien und Maßnahmenprogramme auf dem Weg zu einem flächendeckenden Grundwasserschutz in Baden-Württemberg**

M. Finck

LTZ Augustenberg, Karlsruhe

## **1. Einleitung**

In Baden-Württemberg hat sich insgesamt gesehen die Belastung des Grundwassers mit Pflanzenschutzmitteln und deren Abbauprodukten in den letzten Jahren ständig verringert und ist nur noch von lokaler Bedeutung. Dagegen sind erhöhte Nitratwerte noch immer flächenhaft verbreitet und stellen die Hauptbelastung des Grundwassers in Baden-Württemberg dar. Bereits seit mehr als 20 Jahren verfolgt Baden-Württemberg mit verschiedenen Strategien und entsprechenden Maßnahmenprogrammen das Ziel eines flächendeckenden Grundwasserschutzes und Erfolge zeichnen sich ab.

## **2. Nitratbelastung des Grundwassers**

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz in Baden-Württemberg (LUBW) unterhält ein landesweites Messnetz mit mehr als 1.800 Messstellen, das durch die flächendeckende Messstellenverteilung repräsentative Aussagen zur Gesamtsituation der Grundwasserbeschaffenheit des Landes erlaubt. Die Ergebnisse zeigen Belastungsschwerpunkte in der südbadischen Oberrheinebene und den Regionen Bruchsal-Mannheim-Heidelberg, Kraichgau, Stuttgart-Heilbronn, Main-Tauber-Kreis und Oberschwaben. Die flächendeckende Bewertung der Grundwasserkörper im Rahmen der Bestandsaufnahme zur EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Jahre 2004 führte hinsichtlich des Qualitätsziels für Nitrat zur Ausweisung von 23 gefährdeten Grundwasserkörpern (gGWK), welche mit den genannten Belastungsschwerpunkten weitgehend identisch sind (Abb. 1). Nach Neubewertung im Zuge der Erstellung des Monitoringprogramms reduzierte sich die Zahl auf 22 gGWK. Mit einem Anteil von 18 % der Landesfläche ist dies im Vergleich zu anderen Bundesländern relativ gering (BMU, 2008).

**WRRL Bearbeitungsgebiete**

- Alpenrhein / Bodensee
- Donau
- Hochrhein
- Main
- Neckar
- Oberrhein
- ▨ Grundwasserkörper mit Nitratbelastung
- Flüsse

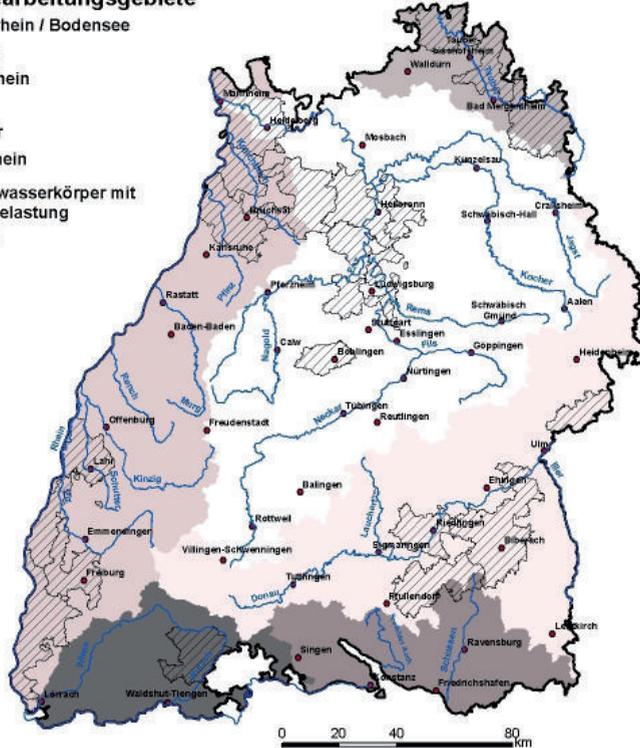


Abb. 1: Gefährdete Grundwasserkörper Baden-Württembergs hinsichtlich der Zielerreichung für den Parameter Nitrat. Ergebnis der Bestandsaufnahme 2004 (Kartenerstellung: LTZ)

**Ursachen für die Nitratbelastung**

Wesentliche Ursache für die Einstufung als gefährdete Grundwasserkörper nach EU-WRRL sind die N-Einträge aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Verantwortlich hierfür sind N-Überschüsse in der Vergangenheit oder auch der Gegenwart in Regionen mit hohem Viehbesatz, hohem Anteil an Mais, Raps, Kartoffeln und Wintergetreide in der Fruchtfolge bzw. Sonderkulturanbau (insbesondere Spargel, Gemüse, Erdbeeren, Tabak). Auch ackerbaulich genutzte Moor- und Anmoorböden sind aufgrund der hohen Mineralisierungsleistung lokal für höhere N-Einträge ins Grundwasser von Bedeutung. Auf flachgründigen oder sandigen Standorten kommt es aufgrund des geringen N-Speicherungs-

vermögens schnell zu Auswaschungsereignissen. Eine weitere wesentliche Ursache für erhöhte Nitratkonzentrationen im Grundwasser stellen die in einigen Landesteilen (Rheinebene, Stuttgart-Heilbronn, Main-Tauber-Kreis) geringen Sickerwassermengen dar. Eine Sickerwassermenge von 180 mm, wie sie z. B. in der Rheinebene vorliegt, erreicht bei einem jährlichen N-Austrag von nur 20 kg N/ha bereits eine Nitratkonzentration von 50 mg/l. Dagegen ergibt sich bei einer Sickerwassermenge von 320 mm (z. B. Oberschwaben) im Mittel nur eine Nitratkonzentration von 28 mg/l. Die höchsten Belastungen treten somit in sickerwasserarmen Regionen auf, wenn dort gleichzeitig die Grundwasserneubildung zu einem hohen Anteil aus Niederschlägen erfolgt. Unter diesen Bedingungen sind zwar relativ schnell Sanierungserfolge zu erzielen, allerdings liegt die erreichbare Nitratkonzentration auf deutlich höherem Niveau als in sonstigen Gebieten.

### **Strategien und Maßnahmenprogramme**

75 % des Wasserbedarfs Baden-Württembergs wird über die Grundwassergewinnung abgedeckt. Steigende Nitratkonzentrationen seit den 1950/60er Jahre und die Absenkung des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung von 90 auf 50 mg NO<sub>3</sub>/l im Jahre 1985 führten zur Stilllegung zahlreicher Wasserfassungen oder zur Beimischung nitratarmen Fernwassers (Lehn et al., 1996). Ende der 1980 Jahre wurde die Öffentliche Wasserversorgung zu mehr als 50 % über ca. 1.000 Gemeindeversorgungen, zu gut 10 % über 170 Gruppenwasserversorgungsverbände und zu knapp 30 % über vier Fernwasserversorger geleistet. Der hohe Anteil kleiner kommunaler Wasserversorger, die mit der Etablierung eines effektiven Wasserschutzes vermutlich überfordert gewesen wären und der politische Wille die ortsnahe Wasserversorgung aufrecht zu erhalten, führten zur Entscheidung, den Schutz des Grund- und Quellwassers in Trinkwasserschutzgebieten als Landesaufgabe hoheitlich zu übernehmen. Die hierzu im Jahre 1988 in Kraft gesetzte und seither mehrfach novellierte Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) ist bis heute das Kernstück des baden-württembergischen Grundwasserschutzes (UM, 2001).

Mit der Novellierung im Jahre 2001 erfolgte eine grundsätzliche Neuausrichtung der SchALVO. Während in den Vorjahren in allen Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs die gleichen Auflagen einzuhalten waren, werden seit 2001 die Wasserschutzgebiete entsprechend der Nitratbelastung im Grundwasser in

drei Klassen eingeteilt: In den Normalgebieten mit geringer Belastung gelten nur allgemeine Schutzbestimmungen, während in den Problemgebieten (mittlere Nitratbelastung) und den Sanierungsgebieten (hohe Nitratbelastung) die ordnungsgemäße Landbewirtschaftung eingeschränkt wird (Tab. 1).

Tab. 1: Definition der Wasserschutzgebietskategorien Normal-, Problem- und Sanierungsgebiet sowie deren Anteil an der Wasserschutzgebietsfläche insgesamt und dem Umfang landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF)

Kategorie:	Wasserschutzgebiete (WSG)		
	Normalgebiete	Problemgebiete	Sanierungsgebiete
Definition:	> 35 mg NO <sub>3</sub> /l	35 bis 50 mgNO <sub>3</sub> /l*	> 50 mgNO <sub>3</sub> /l*
Anteil an WSG-Fläche in % (2008):	77,5	18,7	3,8
LF in 1.000ha (2008):	252	92	20

\* oder geringer bei einem mittleren jährlichen Anstieg > 0,5 mg NO<sub>3</sub>/l innerhalb der letzten 5 Jahre

Damit werden die Auflagen und der finanzielle Ausgleich im wesentlichen auf die Problem- und Sanierungsgebiete fokussiert, die etwa 23 % der Wasserschutzgebietsfläche darstellen. Für durch die Auflagen verursachten Mehraufwand und Ertragseinbußen werden pauschal in Problemgebieten 165 € pro ha und in Sanierungsgebieten 180 € pro ha gezahlt, allerdings dürfen bestimmte Grenzwerte für die Nitratgehalte im Boden nicht überschritten werden (Abb. 2). Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass bei SchALVO-gemäßer Bewirtschaftung diese Grenzwerte einhaltbar sind. Ggf. kann auch bei Überschreitung der Grenzwerte Ausgleich gezahlt werden, wenn der Landwirt im Einzelnen die korrekte Durchführung der Auflagen nachweist. Über dieses Einzelausgleichsverfahren sind auch höhere Ausgleichsleistungen (z. B. für den Gartenbau) möglich. Neben den Nitratgehalten im Boden, die jährlich auf 20.000 Ackerflächen (ca. 3.500 in Normalgebieten) ermittelt werden, kontrollieren die Wasserschutzgebietsberater der Unteren Landwirtschaftsbehörde 5 % der Betriebe und 20 % der Fläche in den Problem- und Sanierungsgebieten hinsichtlich der Einhaltung der Bewirtschaftungsauflagen. Die wesentliche Aufgabe der Wasserschutzgebietsberater besteht allerdings darin, die Landwirte über die umfangreichen Auflagen der SchALVO zu informieren und sie hinsichtlich einer wasserschutzoptimierten Betriebsführung zu beraten.

<b>Problem- und Sanierungsgebiete</b>	
<b>Auflagen</b>	<b>Kontrolle</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• N-Düngung im Frühjahr</li> <li>• N-Düngung nach der Ernte</li> <li>• Begrünungsgebot nach der Ernte</li> <li>• Einarbeitungstermine der Begrünung</li> <li>• Zeitpunkt der Bodenbearbeitung</li> <li>• Verfahren der Bodenbearbeitung</li> <li>• Bewässerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 % Betriebe</li> <li>20 % Fläche</li> <li>16 500 Standorte (Bodennitratgehalte)</li> </ul>
Finanzieller <b>Ausgleich</b> pauschal 165 € pro ha (zuzügl. 15 € Sonderausgleich in Sanierungsgebieten) oder höher bei Einzelausgleich	

Abb. 2: Auflagen, Kontrolle und Ausgleich in den Wasserschutzgebieten der Kategorie Problem- und Sanierungsgebiet

Mit der SchALVO wird bereits seit 1988 die Strategie verfolgt, den Grundwasserschutz mit ordnungspolitischen Maßnahmen, ergänzt durch eine intensive Beratung der Landwirte in den Wasserschutzgebieten, zu sichern (Tab. 2). Darüber hinaus ist es seit der Novellierung im Jahr 2001 möglich, in Wasserschutzgebieten der Kategorie „Sanierungsgebiet“ Sanierungspläne mit weiteren über die SchALVO hinausgehenden Maßnahmen zu erstellen. Die Umsetzung dieser Maßnahmen erfolgt im Rahmen vertraglicher Regelungen auf freiwilliger Basis zwischen den Landwirten und dem Wasserversorger. Mit der Düngeverordnung wurde im Jahre 2006 auf Bundesebene eine gesetzliche Regelung geschaffen, mit der die Anforderungen an eine ordnungsgemäße Düngung definiert und flächendeckend vorgeschrieben wurden. In Baden-Württemberg wurde bereits mit Einführung des Nitratinformationsdienstes NID im Jahre 1991 die standortbezogene Ermittlung der Düngemenge unter Berücksichtigung des Nitratstickstoffgehaltes im Boden ermöglicht. Durch die finanzielle Förderung über das Marktentlastungs- und Kulturausgleichsprogramm MEKA wurde landesweit eine hohe Akzeptanz geschaffen. Mit knapp 65.000 beprobten Standorten wurde im Jahre 2004 die maximale Teilnahmezahl erreicht (Abb. 3). In den Problem- und Sanierungsgebieten ist die Düngebemessung auf Grundlage des NID eine Auflage gemäß SchALVO. Seit dem Jahr 2007 wird der NID nicht mehr über das MEKA-Programm gefördert, trotzdem werden von den Landwirten noch für jährlich ca. 20.000 Standorte Bodenbeprobungen zur standortbezogenen Düngebemessung durchgeführt.

Tab.2 Strategien und Maßnahmenprogramme zum Wasserschutz

Strategien	Regelungen/ Programme	Geltungsbereich	Umset- zung seit
beratend	ca. 55 Wasserschutzge- bietsberaterInnen	Wasserschutz- gebiete (WSG)	1988
obligato- risch	Schutzgebiets- und Aus- gleichsverordnung (SchALVO)	Wasserschutz- gebiete	1988
	Düngeverordnung	flächendeckend	2006
vertraglich	Sanierungspläne	einzelne WSG der Kategorie Sanierungsge- biete	2001
freiwillig	Nitratinformationsdienst (NID)	landesweites Angebot	1991
freiwillig- finanziell gefördert	Marktentlastungs- und Kul- turlandschaftsausgleich (MEKA) (inkl. NID bis 2006)	landesweites Angebot	1992

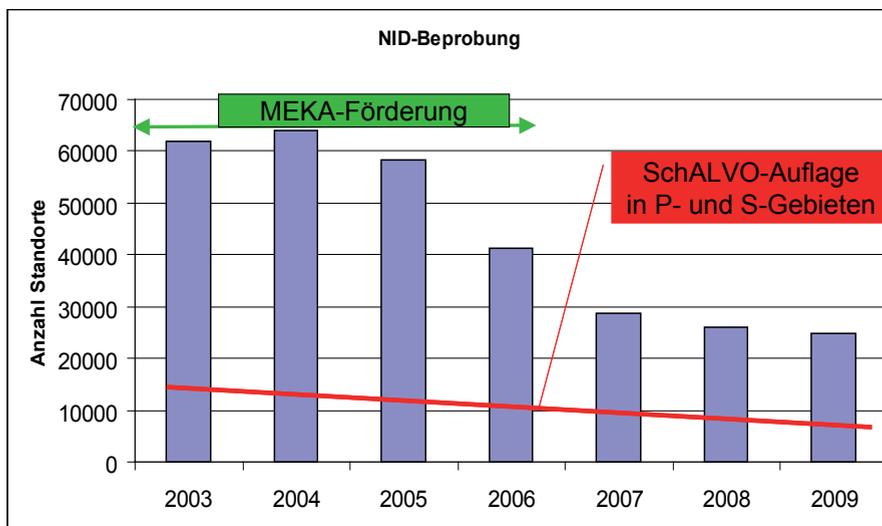


Abb. 3: Beprobte Standorte für die Düngebemessung (NID)

Das im Jahre 1992 erstmals aufgelegte Marktentlastungs- und Kulturausgleichsprogramm MEKA ist ein EU-kofinanziertes Agrarumweltprogramm, das landesweit innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten angeboten wird (MLR, 2009). Es umfasst zahlreiche wasserschutzrelevante Maßnahmen. Im Bereich Ackerbau sind die flächenmäßig bedeutendsten Maßnahmen in absteigender Reihenfolge die „Viergliedrige Fruchtfolge“, die „Mulch- oder Direktsaat“, die „Begrünung im Herbst“ und der „Verzicht auf Wachstumsregulatoren“ (Abb. 4). Mit etwas geringerem Flächenumfang folgt der „Ökologischer Landbau“, der „Verzicht auf chemisch-synthetische Produktionsmittel“ und die „umweltfreundliche Gülleausbringung“. Im Bereich der Grünlandnutzung sind die wichtigsten Maßnahmen die „extensive Bewirtschaftung von Grünland“ und die „Begrenzung des Viehbesatzes auf Dauergrünland auf 1,4 raufutterfressende GV/ha Hauptfutterfläche“.

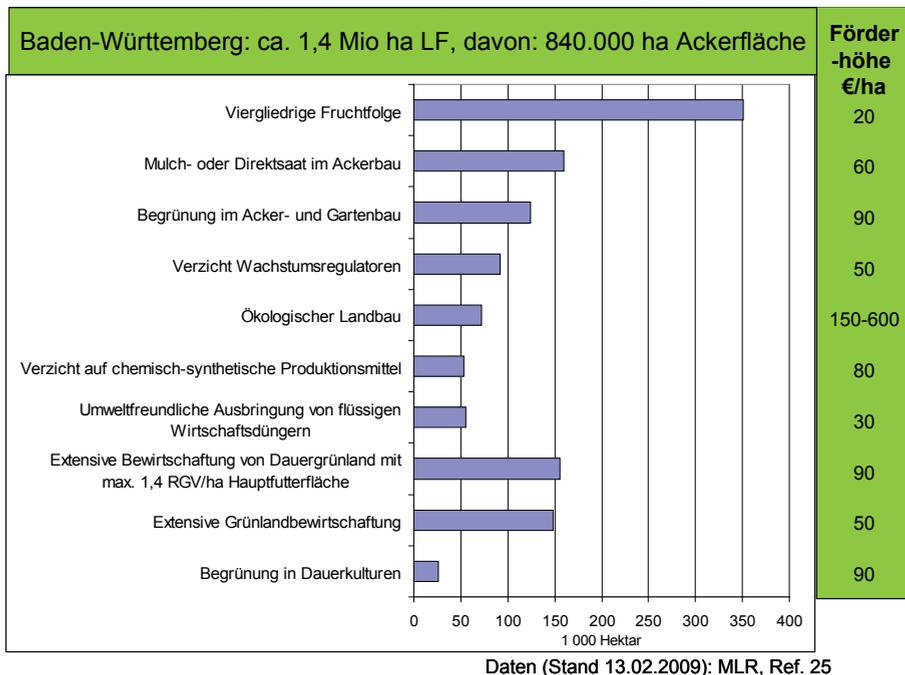


Abb. 4: Teilnahme (geförderte Fläche 2008) an den wasserschutzrelevanten Maßnahmen des MEKA-III

### 3. Erfolge

#### N-Überschüsse

In den letzten 20 Jahren wurde eine deutliche Steigerung der N-Effizienz erzielt. Für die Haupterwerbsbetriebe in Baden-Württemberg hat sich der N-Überschuss im flächengewichteten Gesamtmittel aller Betriebstypen von > 150 kg N/ha Mitte der 1980er Jahre auf etwa 80 kg N/ha im Wirtschaftsjahr 05/06 etwa halbiert (Abb. 5). Die Marktfruchtbetriebe konnten die N-Überschüsse am stärksten verringern. Die der Veredelungsbetriebe liegen deutlich über dem Durchschnitt. Insbesondere für die Jahre 01/02 bis 05/06 liegen die Werte mit > 200 kg N/ha sehr hoch. Aufgrund von Änderungen in der Betriebssystematik ist der Vergleich mit den Vorjahren allerdings eingeschränkt. Eine Halbierung der N-Überschüsse im Ackerbau zwischen 1980 bis 2005 ergab sich auch in der modellgestützten Abschätzung der N-Emissionen in den 23 gefährdeten Grundwasserkörpern (gGWK) nach WRRL (siehe Beiträge Finck et al., dieses Heft). Bezogen auf die LF errechnete sich ein Rückgang der mittleren N-Salden von 27 kg N/ha LF (1995) auf 19 kg N/ha LF (2005); für die Gesamtfläche von 21 kg N/ha auf 15 kg N/ha.

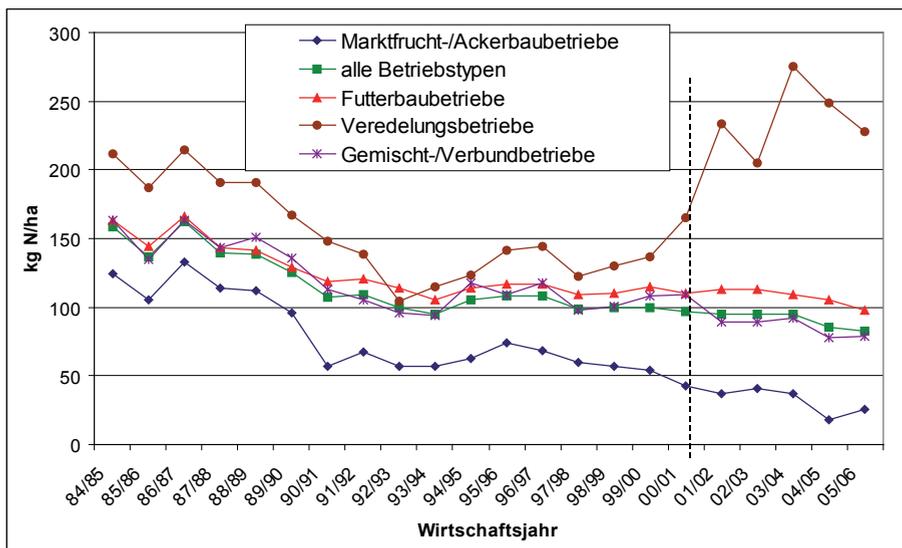


Abb. 5: Entwicklung der N-Salden aus Hoftorbilanzen für die Haupterwerbsbetriebe Baden-Württembergs für verschiedene Betriebsformen und insgesamt (Gamer und Zeddies, 2007)

### **Herbst-Nmin-Werte**

Neben der Steigerung der N-Effizienz durch eine bessere Anpassung der Düngemengen an den Ertrag zielen zahlreiche Maßnahmen der SchALVO und des MEKA-Programms auf eine Minimierung der Herbstnitratgehalte im Boden und damit auf eine Verringerung des Nitrat auswaschungsrisikos im Herbst-Winterzeitraum ab. Anhand umfangreicher Herbst-Nmin-Daten aus den Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs zeigt sich, dass sich v. a. bis Mitte der 1990er Jahre bei vielen Kulturen die Herbst-Nmin-Werte verringert haben (siehe Beitrag Übelhör et al., dieses Heft).

### **Nitratkonzentrationen im Grundwasser**

Die Gesamtsituation der Nitratbelastung hat sich in Baden-Württemberg mittelfristig deutlich verbessert (LUBW, 2009). Im Zeitraum 1994 bis 2008 wurden 1.518 Messstellen jährlich konsistent im Herbst beprobt. Deren mittlere Nitratkonzentration hat sich um 4,1 mg/l verringert, was einer Reduktion von etwa 15,0% bzw. jährlich 0,28 mg NO<sub>3</sub>/l entspricht. Für die 528 Messstellen, die im Einzugsbereich von landwirtschaftlicher Nutzung geprägt sind, beträgt der Rückgang 5,3 mg NO<sub>3</sub>/l. Der rückläufige Trend ist sowohl innerhalb als auch außerhalb der Wasserschutzgebiete festzustellen, wobei er von einzelnen Anstiegen unterbrochen wird (nicht dargestellt). In Folge des extremen Trockenjahres 2003 war der Anstieg der Nitratkonzentration von 2004 auf 2005 am größten, fiel allerdings in den Wasserschutzgebieten deutlich geringer aus als außerhalb.

Innerhalb der Wasserschutzgebiete verringert sich die Nitratkonzentration in den Sanierungsgebieten stärker als in den Problem- und Normalgebieten (Abb. 6). Die 102 Messstellen, die im Jahre 2001 in Sanierungsgebieten lagen, zeigen bis zum Jahr 2008 einen Rückgang um 4,3 mg NO<sub>3</sub>/l. Die 173 Messstellen in den Problemgebieten einen solchen um 1,7 mg NO<sub>3</sub>/l und die 455 Messstellen in den Normalgebieten einen Rückgang von 0,2 mg NO<sub>3</sub>/l.

Im Vergleich zur Entwicklung auf Bundesebene (170 Messstellen) zeigen die 22 baden-württembergischen Messstellen eine überdurchschnittliche Verbesserung (Abb. 7). Im etwa 10jährigen Zeitraum zwischen den Messperioden 1992-94 bis 2004-06 ist der Anteil der Messstellen mit leicht abnehmenden Nitratkonzentrationen überdurchschnittlich hoch und der Anteil der Messstellen mit steigenden Nitratkonzentrationen deutlich unterdurchschnittlich.

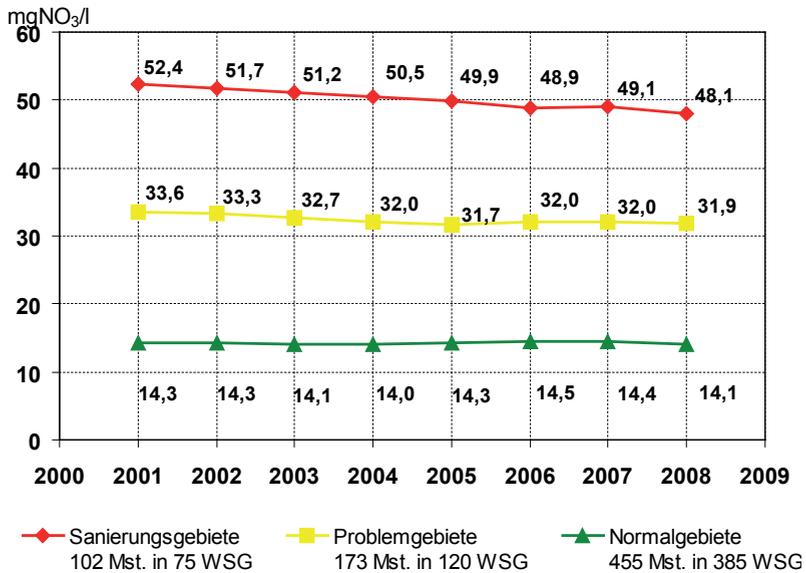


Abb. 6: Entwicklung der Nitratgehalte im Grundwasser in den Wasserschutzgebieten Baden-Württembergs auf Basis der Einstufung 2001 (LUBW, 2009)

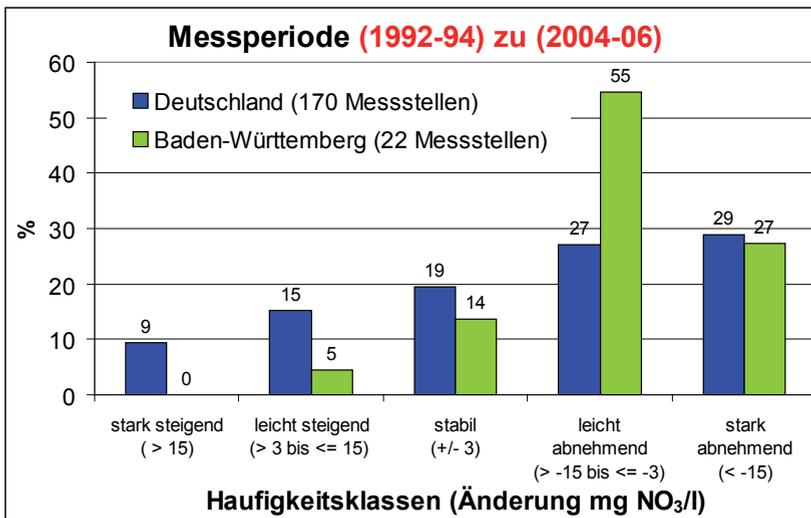


Abb. 7: Änderung der Nitratkonzentration im Grundwasser zwischen den Messperioden 1992-94 und 2004-06 für Baden-Württemberg und Deutschland (BMU und BMVEL, 2008)

#### 4. Fazit

Baden-Württemberg hat eine Strategie mit verschiedenen Ansätzen zur Umsetzung des flächendeckenden Grundwasserschutzes gewählt: Beratungsaktivitäten, freiwillige Bewirtschaftungsbeschränkungen im Rahmen von Agrarumweltprogrammen, obligatorische Maßnahmen in Wasserschutzgebieten und vertragliche Regelungen im Rahmen von Sanierungsplänen ergänzen sich. Damit konnte die Nitratbelastung praktisch flächendeckend verringert werden. Allerdings ist noch nicht überall der von der EU-WRRL geforderte „gute Zustand“ erreicht.

#### 5. Literatur

BMU, 2008: Grundwasser in Deutschland. Reihe Umweltpolitik.

BMU, BMVEL 2008: Nitratbericht 2008, Bonn.

Lehn H., Steiner, M., Mohr, H., 1996: Wasser - die elementare Ressource. Leitlinien einer nachhaltigen Nutzung. Springer-Verlag.

LUBW, 2009: Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 2008. LUBW (Hrsg.), Karlsruhe.

MLR, 2008: Merkblatt zum Marktentlastungs- und Kulturausgleichsprogramm MEKA III.

Gamer, W., Zeddies, J. (2007): Bilanzen von potenziell umweltbelastenden Nährstoffen (N, P, K und S) der Landwirtschaft in Baden-Württemberg. Forschungsbericht der Univ. Hohenheim im Auftrag des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum (MLR), Stuttgart.

UM, 2001: Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung Baden-Württemberg (SchALVO) vom 20.02.2001, GBl. 2001, 145ff.



## Ackerbausysteme im Trockengebiet Sachsen-Anhalt

Dr. Ulrich von Wulffen; Dr. Matthias Schrödter

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau des Landes Sachsen-Anhalt (LLFG), Bernburg

### Einleitung

Im Vergleich zu den westlich gelegenen Bundesländern wirtschaften die Betriebe des Landes unter meist trockenen klimatischen Bedingungen. Wasser ist häufig **der** begrenzende Produktionsfaktor. Dies gilt auch für die sehr hoch bonitierten Böden mit hohem Wasserspeichervermögen des Schwarzerdegebietes zwischen Magdeburg und Halle, die gemeinhin als Magdeburger Börde bezeichnet werden.



Abb. 1: Agrargebiete des Landes Sachsen-Anhalt;  
Legende: Kreise mit Punkten: Versuchsstandorte der LLFG (2009)

In den letzten Jahren wurden verschiedene Lösungskonzepte für einen Ackerbau in den Trockenregionen erarbeitet (bodenschonende und Wasser sparende Anbauverfahren, nachfolgend **reduzierte Bodenbearbeitungsverfahren** genannt). Obwohl mit diesen Verfahren die Ertragssicherheit und zum Teil auch

das Ertragsniveau verbessert werden konnten, sind diese Verfahren nicht frei von Zielkonflikten (Stichwort: Einsatz von Totalherbiziden). In bestimmten Fällen und Regionen können diese Verfahren sogar zu neuen Problemfeldern – z. B. Zunahme von Schäden durch Feldmäuse – führen. Nachfolgend werden verschiedene Aspekte der Ackerbausysteme in Sachsen-Anhalt, potenzielle Zielkonflikte sowie mögliche Lösungsansätze dargestellt.

### **Standortbeschreibung**

Neben den Lössböden des Schwarzerdegebiets, die allerdings nur ca. 40 % der Ackerfläche des Landes repräsentieren, besitzt Sachsen-Anhalt auch in einem erheblichen Umfang diluviale Sand- und Lehmböden, deren Wasserspeicherkapazität häufig erheblich unter den Vergleichswerten der Schwarzerde liegen (Abb. 1). Auf diesen Standorten sind daher die Auswirkungen längerer Trockenphasen meist erheblich gravierender als auf den Lössböden.

**Klimawandel:** In den letzten Jahren lassen sich bei den Temperaturen und Niederschlägen deutliche Abweichungen zum langjährigen Mittelwert nachweisen. Beispielhaft sei hier die Temperatur- und Niederschlagsverteilung des Jahres 2009 dargestellt (Abbildung 2). Deutliche und zum Teil ertragsrelevante Abweichungen waren in den Monaten April (zu warm (4,4 °C) und Juli – August (sehr trocken)) zu verzeichnen. Ohne diese Abweichungen direkt dem Klimawandel zuzuordnen, dürfte der prognostizierte Klimawandel für den Standort Bernburg (Sachsen-Anhalt) folgende Auswirkungen haben:

Die Winter werden wärmer; die Vegetationszeit verlängert sich → die Gefahr von Spätfrösten steigt deutlich an → die optimalen Saatzeiten können sich verschieben.

Das Schaderregerspektrum kann sich verschieben (z. B. Invasion des Westlichen Maiswurzelbohrers).

- Starkregenereignisse nehmen zu → Erosionsgefahr steigt → Intensität der Bodenbearbeitung muss weiter reduziert werden.

Der **Wassermangel** hat für die in Sachsen-Anhalt wirtschaftenden Ackerbaubetriebe neben den Ertragsaspekten noch folgende Probleme:

- Da die WRRL vorrangig auf eine Reduktion der N-Konzentrationen (und nicht auf eine Reduktion der Frachten!) abzielt, besteht auch bei sorgfältigster Einhaltung aller rechtlichen Vorschriften immer die Gefahr, dass die zulässigen Konzentrationen (i.d.R. 50 mg Nitrat pro l) überschritten werden.
- Die Hauptkulturen konkurrieren mit Zwischenfrüchten um das Wasser; da-

her werden auf den meisten Flächen keine Zwischenfrüchte angebaut. Die Landwirte haben daher bei reduzierter Bodenbearbeitung vordergründig kaum die Möglichkeit einer biologischen Lockerung der Böden (z. B. durch den Anbau von Luzerne).

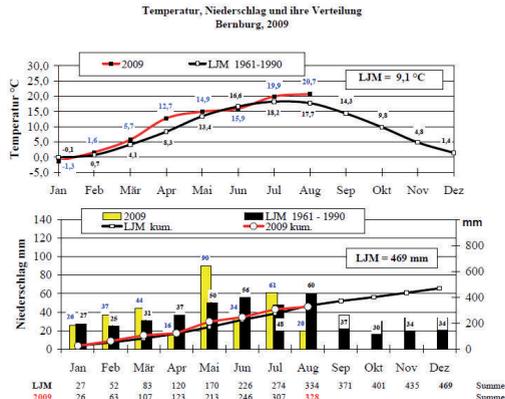


Abb. 2: Der Witterungsverlauf am Standort Bernburg in 2009 im Vergleich zum langjährigen Mittel

### Lösungsansätze:

Erfolgreiche Anbausysteme müssen in Trockenregionen möglichst effektiv den Bodenwasservorrat nutzen. Dieses Ziel kann unter anderem durch eine deutliche Reduzierung in der Intensität der Bodenbearbeitung sowie eine optimierte Standraumverteilung erreicht werden (z. B. Einzelkornsaat bei Raps).

Im Vergleich zur konventionellen Pflugvariante können mit reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren zusätzlich ca. 35 bis 50 mm Bodenwasservorrat gespeichert werden, die den Pflanzenbeständen in Trockenphasen zur Verfügung stehen. Hierbei haben die Direktsaatverfahren – trotz der im Vergleich zu den Mulchsaatverfahren höheren Bodenwassergehalte - häufig geringere und stärker schwankende Erträge als Mulchsaatverfahren. Diese Probleme der Direktsaatverfahren dürften noch immer mit den großen Strohmenge der Vorfrucht verknüpft sein.

Reduzierte Bodenbearbeitungsverfahren führen – zumindest in bestimmten Fällen – zu einer Verschiebung des Unkraut-/Ungras- (z. B. Zunahme der Tauben-Trespe) und Schaderregerspektrums (z. B. Zunahme des Fusariumbefalls).

Die zur Regulierung dieser Schaderreger benötigten Pflanzenschutzmittel stehen aber in einer kritischen gesellschaftlichen Diskussion (siehe: <http://www.pan-germany.org/deu/~news-297.html>). Im Hinblick auf die Bewirtschaftung ergeben sich daher **Zielkonflikte**:

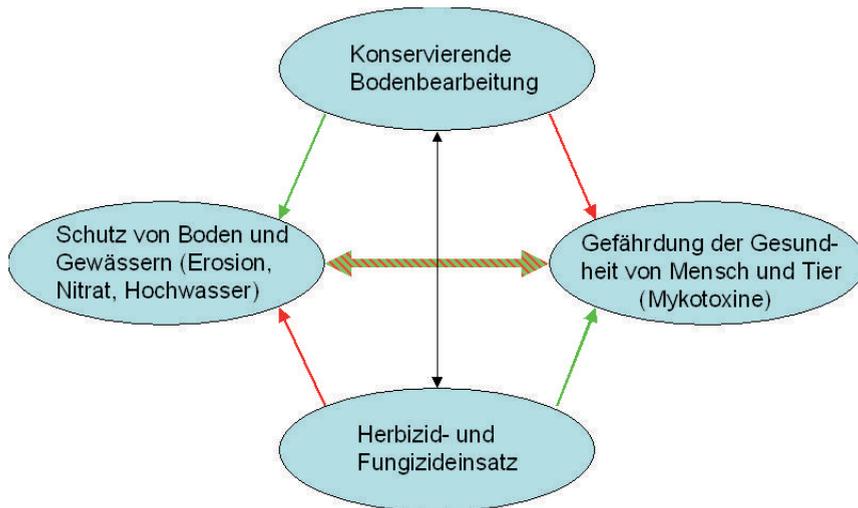


Abb. 3: Beispiel für einen Zielkonflikt zwischen Bodenschutz (Konservierende Bodenbearbeitung) und Verbraucherschutz (Gefährdung durch Mykotoxine); Rote (dunkle) Linie: Negative Rückkopplung; Grüne (helle) Linie: positive Rückkopplung

Bei klarer Definition der prioritären Ziele lassen sich diese Zielkonflikte zum Teil auflösen. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, bei Weizenanbau nach Mais durch Nacherntebehandlung (Schlegeln mit einem Schlegelmulcher) und Sortenauswahl (Sorten mit geringer Fusarium-Anfälligkeit) den Fusariumbefall der nachgebauten Weizenkultur auf einem geringeren Niveau zu begrenzen.

Die Auflösung der Zielkonflikte gelingt aber nicht in allen Fällen. So führt zum Beispiel eine bedarfsorientierte N-Düngung in den trockenen Regionen von Sachsen-Anhalt zu relativ hohen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser (Abb. 4). Der häufig genannte Zielwert von 50 mg NO<sub>3</sub>-N lässt sich unter den hier vorherrschenden klimatischen Bedingungen häufig – trotz der recht geringen N-Bilanzüberhänge – auf den integriert bewirtschafteten Ackerbaustandorten nicht in jedem Fall einhalten.

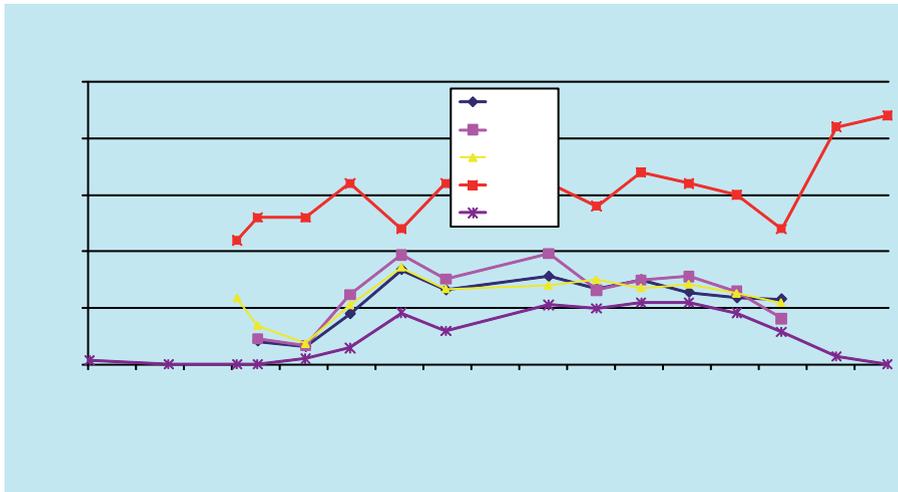


Abb. 4: Ergebnisse der Nitratkonzentrationsmessungen in 2008/2009 (Standort: lehmiger Sand mit AZ bei 50; ca. 70 dt Weizen/ha; N-Bilanzüberhang der letzten Jahre ca. 45 kg (Drän 1 – 3); ROSCHE und STEININGER, 2009

Ein weiteres Beispiel für einen Zielkonflikt stellt die Regulierung der Feldmausbestände dar. Nach dem Verbot des großflächigen Einsatzes von Rodentiziden müssen neue Verfahren zur Regulierung der Feldmausbestände gefunden werden. Ein wesentlicher Ansatzpunkt hierbei ist das Offenhalten der Feld-, Weg- und Grabenränder für die Prädatoren. Dieses häufige Mähen oder Mulchen widerspricht aber zum Teil den Vorgaben des Naturschutzes (z. B. bei bestimmten Blühstreifenprogrammen).

Auch eine tiefe mechanische Bearbeitung der Ackerflächen kann erfolgreich zur Reduktion von Feldmausbeständen eingesetzt werden. Diese Behandlungsvariante führt aber durch die tiefe Bodenlockerung zu einem Zielkonflikt mit den Vorgaben des Erosionsschutzes.

Auf sandigen Standorten des Landes führen Mulchsaatverfahren zu einer Dichtlagerung. Ein erfolgreicher Ackerbau muss daher die Krumbasis- und Unterbodenverdichtungen biologisch auflockern. Durch eine standortgerechte Kombination der mechanischen und biologischen Bodenlockerung kann auch auf diesen Standorten die Ausbildung eines funktionsgerechten und garen Bodens erreicht werden. Neben Kruzifern sind hierzu auch klein- und großsamige Legu-

minosen, wie beispielsweise Ackerbohne, Inkarnatkleee, Lupine, Luzerne, Perserklee, Rotklee und Steinklee, mittief in den Boden eindringenden Pfahlwurzeln geeignet. Der Anbau erfolgt entsprechend in Reinsaat oder als Gemenge in Zwischen- oder Hauptfruchtstellung (Bischoff und Hofmann, 2009).

Für die Etablierung dieser Verfahren müssen die Betriebe - zumindest teilweise – zusätzlich in Saatgut und in neue Landtechnik investieren (z. B. Ersatz der „konventionellen Drillmaschine“ durch eine mulchsaatfähige Drillmaschine). Die hierfür erforderlichen Summen werden die Betriebe aber nur dann vorfristig auslösen, wenn die Erlössituation der Betriebe – zumindest mittelfristig – in ausreichender Höhe gesichert ist. Die gegenwärtigen Preisschwankungen auf den Agrarmärkten – dies gilt auch für den Bereich des ökologischen Landbaus – von bis zu 70 % Preisverfall (Erzeugerpreisvergleich 2007 zu 2009) verhindert eine rasche Umsetzung neuer, umweltfreundlicher Verfahren.

### **Fazit**

Auch in Zeiten des Klimawandels ist Ackerbau in Trockenregionen erfolgreich möglich, wenn

- für die einzelnen Regionen klare Umweltziele definiert werden,
- die Zielkonflikte benannt und nach Festlegung der prioritären Ziele gelöst werden,
- die Agrarforschung von Landesanstalten, Fachhochschulen und Hochschulen sich auch mit dem „Organismus Betrieb“ auseinandersetzt und betriebsbezogene Lösungen für die Zielkonflikte erarbeitet,
- neue Wege zur Problemlösung beschrritten werden können,
- naturschutz- und umweltrechtliche Vorgaben in Zusammenarbeit mit den Landwirten an den Standort angepasst und nicht nur administriert werden,
- die Marktsituation den Betrieben Zukunftsinvestitionen ermöglicht.

### **Literatur:**

Rosche, O.; Steininger, M., 2009: Sonderuntersuchungsprogramm zur Beschaffenheit von Dränabflüssen in Sachsen-Anhalt, Abschlussbericht im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt

Bischoff, J; Hofman, B., 2009: Sandböden reagieren anders als Löß; LOP Landwirtschaft ohne Pflug 2/2009, S. 27 - 31.

## **Effiziente und nachhaltige Grünlandnutzung mit Rindern im Alpenvorland**

H. Spiekers<sup>1</sup>, G. Dorfner<sup>2</sup>, M. Diepolder<sup>3</sup>

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), <sup>1</sup>Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub, <sup>2</sup>Institut für ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik, München, <sup>3</sup>Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, Freising

### **1. Einführung**

Die Problematik oft konkurrierender Umwelt- und Produktionsziele in der Landwirtschaft wird im nachstehenden Beitrag am Beispiel der Grünlandnutzung mit Rindern im Alpenvorland thematisiert. Bearbeitet wird dies im Rahmen des Arbeitsschwerpunktes „Effiziente und nachhaltige Grünlandbewirtschaftung“ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Eingegangen wird hierbei sowohl auf die Produktionstechnik als auch auf die Ökonomie. Auch in Zukunft wird der größte Teil des Grünlands in Verbindung mit der Tierhaltung bewirtschaftet. Bezüglich der Tierhaltung sind die Punkte Leistungsrichtung, Leistungshöhe und Tierbesatz anzusprechen. In der Grünlandbewirtschaftung sind das Nutzungssystem, der Pflanzenbestand, das Düngesystem etc. zu beachten. Die Bewertung soll im Hinblick auf Effizienz und Nachhaltigkeit erfolgen.

### **2. Ausgangssituation**

Im Voralpengebiet liegen die Grünlandanteile laut Bayerischem Agrarbericht 2008 um die 90 %. Dies gilt insbesondere für das bayerische und das württembergische Allgäu. Die Spannweite der Nutzung reicht vom Intensivgrünland über extensiv genutzte Flächen (KULAP, MEKA) bis hin zu den Almen und Alpen. Im Vordergrund der Flächenverwertung steht die Milcherzeugung. Das Alpenvorland ist neben Ostfriesland/Schleswig-Holstein und Westmünsterland/Niederrhein/Westeifel eine der drei Schwerpunktregionen der Milcherzeugung in Deutschland. Die Futterbasis ist jeweils Gras – vorwiegend Silagewirtschaft mit unterschiedlichen Anteilen an Maisprodukten.

Wurde noch vor wenigen Jahren die Freisetzung von Grünland infolge des Rückgangs der Kuhzahl als Problem diskutiert, rückt aktuell die effiziente Nutzung des

Grünlands wieder zunehmend in den Vordergrund (Lfl, 2008). Begründet ist dies u. a. in einem Anstieg der globalen Nachfrage nach Lebensmitteln. Die OECD-FAO geht in ihrer landwirtschaftlichen Prognose 2009 von einem Wachstum der Nachfrage nach Lebensmitteln von 2 % je Jahr aus. Überproportional betrifft dies tierische Erzeugnisse wie Milch und Fleisch. Daneben steigt die Nachfrage nach Biomasse für Energie und Rohstoffe. Neue Herausforderungen für die Landwirtschaft resultieren aus dem Klimawandel, sowohl was dessen Eindämmung als auch was dessen Folgen für die pflanzliche Erzeugung betrifft.

Tab. 1: Aspekte zur nachhaltigen Entwicklung in der Erzeugung von Milch und Rindfleisch

<b>Entwicklung</b>	<b>Betrieb</b>	<b>Gesellschaft</b>
ökonomisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einkommenssicherung</li> <li>- Stabilität des Betriebes</li> <li>- Effizienz des Faktoreinsatzes</li> <li>- Wettbewerbsfähigkeit des Betriebszweigs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ernährungssicherstellung (sicher, hochwertig, preiswert)</li> <li>- Wettbewerbsfähigkeit des Sektors</li> </ul>
sozial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbeitsquantität und -qualität</li> <li>- Selbstverwirklichung</li> <li>- Gesellschaftliche Teilhabe und Akzeptanz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhalt ländlicher Räume</li> <li>- Kulturlandschaft (Erhalt und Weiterentwicklung)</li> </ul>
ökologisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bodenfruchtbarkeit</li> <li>- Nährstoffkreislauf</li> <li>- Biologische Vielfalt</li> <li>- Tierschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stoffkreislauf schließen (Nebenprodukte etc.)</li> <li>- Klimaschutz</li> <li>- Tierschutz</li> <li>- Ressourcenschutz</li> </ul>

Aus ökonomischen und ökologischen Gründen ist eine effiziente und nachhaltige Nutzung des Grünlands geboten. Bevor die Intensität der Nutzung durch höhere Düngung, Pflanzenschutz etc. gesteigert wird, ist die Effizienz der Nutzung zu erhöhen (Köhler et al., 2009). Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand gehen vom Feld bis zum Trog bzw. Fermenter 30 bis 40 % des Grünmasseertrags verlustig. Die effizientere Nutzung hat vor dem Hintergrund der gebotenen Nachhaltigkeit zu erfolgen (Spiekers, 2008), um Fehler früherer Phasen der Intensivierung nicht zu wiederholen. Aus der Tabelle 1 sind die wesentlichen Aspekte zur nachhaltigen Erzeugung von Milch und Fleisch ersichtlich.

Alle Aspekte der Nachhaltigkeit sind gleichrangig zu berücksichtigen. Hierbei sind auch die verschiedenen Produktionsstufen bzw. -richtungen zu beachten,

darunter die Milchviehhaltung, die Mutterkuhhaltung und die Rindermast. Alle Produktionsstufen sollten ein finanzielles Auskommen finden. Die bayerischen Grünlandbetriebe betreiben in erster Linie Milchviehhaltung mit Fleckvieh oder Braunvieh. Dies bedingt neben der Erzeugung von Milch auch eine erhebliche Fleischproduktion.

Tab. 2: Kennzeichnung bayerischer Milchviehbetriebe nach Futtergrundlage und Wirtschaftsform (BZA-Bayern 07/08, ergänzende Auswertung zum Milchreport 2009)

<b>Maissilage-Anteil am Grobfutter, % der TM</b>	<b>kleiner 25</b>		<b>größer 25</b>
	<b>Wirtschaftsform</b>	<b>konventionell</b>	<b>ökologisch</b>
Anzahl	49	27	436
Kuhzahl/Betrieb	53	55	59
erzeugte Färsen, PE*/Kuh	0,45	0,38	0,46
Futterfläche, ha/Kuh mit Nachzucht	0,98	1,02	0,76
Milch, kg ECM**/Kuh	7.260	6.010	7.660
Fett, %	4,15	4,10	4,17
Eiweiß, %	3,52	3,38	3,51
Nutzungsdauer***, Monate	41	47	35
Krafftfutter, g/kg ECM	243	189	314
Milch aus Grundfutter, kg ECM/Kuh	3.620	3.640	2.660
Arbeitsproduktivität, kg ECM/AK in Tausend	243	214	289
Gewinnbeitrag ohne entkop- pelte Prämien, ct/kg ECM	14,7	21,0	13,8

\* Produktionseinheit; \*\* auf 4,0 % Fett und 3,4 % Eiweiß energiekorrigierte Milch; \*\*\* der Abgangskühe, die länger als 8 Wochen im Betrieb genutzt werden

Informationen zur konkreten Ausgestaltung der Produktion liegen nur bedingt vor. Quellen sind die Erhebungen des Landeskuratoriums für tierische Vered-

lung (LKV) Bayerns sowie die Daten aus der Betriebszweigauswertung. In der Tabelle 2 sind die Daten aus der Betriebszweigauswertung für das Wirtschaftsjahr 2007/08 nach der Futtergrundlage ersichtlich. Unterschieden wurde nach dem Anteil Maissilage in der Ration. Entsprechend den Vorgaben in der Nährstoffbilanzierung (DLG, 2005) sind Betriebe mit einem Anteil von weniger als 25 % Maissilage-Trockenmasse am Grobfutter, als Grünlandbetriebe anzusehen. Innerhalb dieser Grünlandbetriebe wurde dann noch nach Wirtschaftsform in konventionell und ökologisch unterschieden.

Die ausgewerteten Betriebe halten im Grünlandbereich im Mittel 53 bzw. 55 Kühe mit kompletter Nachzucht. Je ha Hauptfutterfläche wird etwa 1 Kuh plus Nachzucht gehalten. In der Milchleistung zeigt sich ein Unterschied von 1.250 kg/Kuh zwischen den konventionell und den ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Da die Milchleistung aus Grundfutter gleich ist, resultiert der Unterschied in Milch aus dem eingesetztem Saft- und Kraftfutter. Die zum Vergleich aufgeführten Ackerfutterbaubetriebe (> 25 % Silomais) haben im Mittel 49 % Maissilage-TM am Grobfutter.

Diese Ackerfutterbaubetriebe sind etwas größer mit im Mittel 59 Kühen. Die Futterfläche liegt mit 0,76 ha je Kuh plus Nachzucht niedriger. Ursächlich sind die höheren Erträge bei Silomais. Erheblich höher ist der Einsatz an Kraftfutter in diesen Betrieben. Die wirtschaftliche Situation ist allerdings vergleichbar mit den konventionellen Grünlandbetrieben. Die Arbeitsproduktivität ist teilweise strukturell bedingt in den Grünlandbetrieben niedriger. Ökonomische Probleme bereiten oftmals die hohen Kosten für die Bewirtschaftung des Grünlands. Es bleibt somit festzuhalten, dass die analysierten Grünlandbetriebe im Voralpengebiet über eine wettbewerbsfähige Produktionstechnik verfügen und im Mittel einen Tierbesatz von einer Kuh plus Nachzucht je ha Futterfläche aufweisen. Zwischen den Betrieben gibt es aber erhebliche Unterschiede, sodass eine weitere Differenzierung zur Diskussion von Umwelt- und Produktionszielen erforderlich ist.

### **3. Verfahren der Grünlandnutzung**

In der Milchviehhaltung ergibt sich eine zunehmende Differenzierung in der Ausrichtung der Betriebe (Spiekers, 2009a). Neben der Bewirtschaftungsform (konventionell und ökologisch) ist die Intensität ein Unterscheidungsmerkmal (High- und Low-Input-Betriebe). Im Betrieb mit High-Input steht die Milchleistung

je Kuh im Vordergrund. Durch den Einsatz von entsprechender Genetik, Kraftfutter und Technik wird dies gewährleistet. Möglich ist dies auf Basis von Gras- und Maissilage. Im Bereich Low-Input haben in erster Linie Systeme mit Weide Bedeutung. Ziel ist hier eine hohe Milchleistung aus Gras und eine Minimierung der Kosten durch Reduktion der Arbeitserledigungskosten. Voraussetzung ist ein arrondierter Betrieb mit genügend weidefähigem Grünland. Verschiedene Arbeitsgruppen im In- und Ausland beschäftigen sich mit der Thematik. Weitere Informationen sind dem Tagungsband zur „Internationalen Weidetagung 2009“ (LfL, 2009) zu entnehmen.

Im Bereich der ökologischen Milcherzeugung finden ebenfalls High- und Low-Input-Strategien Anwendung. Zur Beurteilung und Ableitung von Umwelt- und Produktionszielen ist ein Blick in die Zukunft erforderlich. Wie werden sich die Betriebe entwickeln und welche Herausforderungen ergeben sich dadurch? Im Rahmen des Arbeitsschwerpunktes „Landwirtschaft 2020“ der LfL wurden derartige Überlegungen angestellt. Aus der Tabelle 3 sind die von 2007 bis 2020 unterstellten Entwicklungen zu ersehen. Unterschieden wurde in vier Betriebstypen.

Tab. 3: Milchviehbetriebe in Bayern – unterstellte Entwicklung bis 2020 – (Spiekers, 2007)

<b>Betriebstyp</b>	<b>Standard</b>	<b>Öko.</b>	<b>Weide</b>	<b>Zuerwerb</b>
Kuhzahl 2007, n	55	45	45	20
Wachstum, %/Jahr	4	3	3	3
Kuhzahl 2020, n	95	68	68	30
Milchleistung 2007, kg/Kuh und Jahr	7.000	6.200	5.800	6.000
Wachstum, kg/Jahr	150	100	75	100
Milchleistung 2020, kg/Kuh und Jahr	9.100	7.600	6.850	7.400

Der auf Zukunft ausgerichtete „Standardvollerwerbsbetrieb“ steigert bis 2020 seine Kuhzahl auf 95 und seine Milchleistung auf 9.100 kg/Kuh. In den anderen Betriebstypen ist die Entwicklung langsamer, sodass sich eine zunehmende Differenzierung zwischen den Betrieben in Herdengröße und Leistung ergibt.

Der unterstellte Anstieg in der Betriebsgröße und der Milchleistung erfordert eine entsprechende Weiterentwicklung der Betriebsorganisation und der Grobfutterqualität. Bei Fortschreibung der Entwicklungen aus der Vergangenheit ist dies möglich (Spiekers, 2007). Bezüglich der Milchleistungshöhe sind Probleme bezüglich Fruchtbarkeit und Stoffwechselgeschehen zu diskutieren. Auswertungen von Holstein-Herden nach Milchleistung zeigen, dass mit der Leistungshöhe die Fruchtbarkeit (Besamungsindex, Nutzungsdauer) verschlechtert wird (LKV-NRW, 2008). Andererseits verbessern sich mit steigender Leistung die Zellzahl und die Zwischenkalbezeit. Höher leistende Betriebe verfügen oft über ein besseres Management, was einige Punkte kompensieren kann.

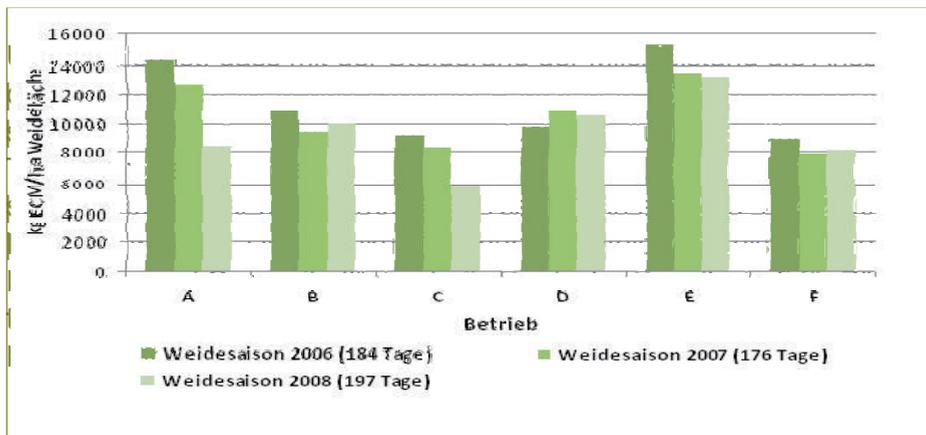


Abb. 1: Milchleistung aus Weide – Pilotbetriebe „Vollweide mit Winterkalbung“ (Steinberger et al., 2009)

Bei den Weidebetrieben steht, wie bereits ausgeführt, die Milchleistung aus der Weide im Vordergrund. Aus der Abbildung 1 sind die Ergebnisse von Pilotbetrieben zu entnehmen. Es zeigt sich, dass Leistungen je ha Weide und Jahr von 6.000 bis 15.000 kg Milch möglich sind. Die Wirtschaftlichkeit hängt stark von den einzelbetrieblichen Bedingungen (Mechanisierung, Ertragsfähigkeit etc.) und den Umstellungskosten des Betriebes ab. Bei saisonaler Abkalbung im Winter ergeben sich zusätzlich sozial positive Aspekte durch melkfreie Zeiten. Der Tierbesatz richtet sich stark nach dem tatsächlichen Aufwuchs der Weide.

In den ökologisch wirtschaftenden Betrieben sind aufgrund der Beschränkungen in der Tiermedizin und der teils unzureichenden Ausfütterung von höher leistenden Tieren Probleme in der Euter- und Stoffwechselgesundheit gegeben. Aus

diesem Grund läuft zurzeit ein interdisziplinäres Vorhaben im Bundesprogramm Ökologischer Landbau (Barth et al., 2009). Insgesamt gilt es die verschiedenen Disziplinen in der tierischen Erzeugung im Bereich Forschung und Beratung besser zu koordinieren, um die Herausforderungen in der Tiergesundheit zu meistern.

#### 4. Umweltaspekte in der Rinderhaltung

Neben den bereits angesprochenen Aspekten in der tierischen Leistung sind Umweltaspekte zu beachten. Aus der Tabelle 4 sind die wichtigsten Punkte ersichtlich.

Tab. 4: Umweltaspekte in der Rinderhaltung

- Nährstoffanfall optimieren:  
N, P, Cu, Zn etc.
- Emissionen mindern:  
Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Methan, Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) etc.
- Stoffimport beachten:  
Dünger, Futter etc.
- Stoffkreisläufe schließen:  
Nebenprodukte, Mist etc.

Im Vordergrund steht zunächst der Nährstoffanfall, insbesondere der Anfall von Stickstoff und Phosphor mit Kot und Harn. Beim Stickstoff sind der Eintrag von Nitrat und die Emission von Ammoniak zu beachten. Darüber hinaus werden die klimarelevanten Gase Methan, Kohlendioxid und Lachgas diskutiert. Eine wichtige Bedeutung hat die Rinderhaltung in Bezug auf die Schließung von Stoffkreisläufen z.B. durch die Verfütterung von Nebenprodukten aus der Lebensmittelerzeugung.

Konkret geregelt ist der Stickstoffinput im landwirtschaftlichen Betrieb durch die Düngeverordnung und die Regelungen beim landwirtschaftlichen Bauen. Im Voralpengebiet sind der N-Anfall aus der Tierhaltung und die erforderliche N-Düngung in den Gunstlagen stark in der Diskussion, da gleichzeitig das dortige Intensiv-Grünland hohe Mengen an N entzieht. Dies gilt insbesondere bei hohen Nettoerträgen frei Trog. Bei intensiver Grünlandnutzung mit 4 und mehr Schnit-

ten pro Jahr werden in Gunstlagen pro Hektar und Jahr ca. 90-110 dt TM bzw. 245-320 kg N abgefahren (LfL-Information, Gelbes Heft, 2007), wobei die bei Versuchen im Alpenvorland erzielten Erträge und N-Abfuhrer durchaus noch höher liegen können (Rieder, 1983; Diepolder, 2000; Diepolder und Schröpel, 2002; Diepolder et al., 2006). Daher ist eine dem Standort und der Nutzungsin-tensität angepasste N-Düngung pflanzenbaulich gerechtfertigt (Diepolder und Schröpel, 2003, Diepolder und Jakob, 2004; Schröpel und Diepolder, 2003; Die-polder, 2006).

Bei hohen Erträgen können gleichzeitig mehr Tiere gefüttert werden. Ob hier-aus ein Überschuss an N- und P-Verbindungen resultiert, wurde in Tabelle 5 kalkuliert. Bei Erträgen von 70 bis 110 dt Trockenmasse wurde der mögliche Tierbesatz entsprechend des Grobfutterbedarfs in Anlehnung an DLG (2005) berechnet. Bei 90 dt/ha Trockenmasseertrag können 1,39 Kühe plus anteiliger Nachzucht gehalten werden. Hierdurch resultiert ein N-Anfall von 202 kg bei einer unterstellten Milchleistung von 8.000 kg. Der Entzug des Grünlands ist aller-dings erheblich höher, was einen ergänzenden Düngebedarf an N und Phosphat bedingt.

Aus Sicht der Pflanzenernährung ist daher bei intensiver Wiesennutzung mehr als 170 kg N aus Wirtschaftsdünger je ha und Jahr durchaus vertretbar. Aus die-sem Grund ist die 230 kg N-Ausnahmeregel auf Intensiv-Grünland mit hohen Er-trägen zu befürworten. Zu bedenken sind die möglichen Emissionen an Ammoni-ak bei intensiver Viehhaltung.

Tab. 5: Ergänzender Düngebedarf auf Wiesen in der Milchviehhaltung

Nettoertrag dt TM/ha	möglicher Besatz PE**/ha	N-Anfall* mit Gülle	„Düngebedarf“	
			N kg/ha und Jahr	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
70	1,09	158	24	10
90	1,39	202	77	15
110	1,71	248	104	16

\* Standardwerte abzüglich 15 % Lagerungsverluste

\*\* Kuh mit 8.000 kg Milch plus 0,35 aufgezogene Färsen

Für den Milchviehhalter gibt es neben der Nutzung der 230 kg N-Regel weitere Möglichkeiten des Nährstoffmanagements. Aus der Tabelle 6 sind einige An-

satzpunkte ersichtlich. Für weitere Information sei auf Spiekers (2009b) verwiesen. Um den anfallenden Wirtschaftsdünger besser zu verteilen, bieten sich Gülleabgabe, Flächenzupachtung oder verschiedene Formen der Kooperation an. Die Flächenzupachtung ist im reinen Grünlandbetrieb aus zwei Gründen oftmals keine nachhaltige Lösung. Erstens ist aufgrund der beschriebenen Ertragsituation vielfach genügend Futter vorhanden und zweitens können die hohen Pachtpreise die Wirtschaftlichkeit des Betriebszweiges verschlechtern. Ein Lösungsansatz bietet sich über die Kooperation insbesondere im Hinblick auf die Auslagerung der Jungrinderaufzucht an, dies schließt auch die Alpung der Jungrinder ein, wenn es zur Strategie des Betriebes passt.

Tab. 6: Ansatzpunkte zum Ausgleich der Nährstoffbilanzen in Milchviehbetrieben

- Gülleabgabe
- Flächenzupachtung
- Kooperation (Betrieb, Alpung etc.)
- Reduktion des Nährstoffanfalls:
  - Reduktion der Produktion
  - Steigerung der Leistung (Milchmenge, Erstkalbealter)
  - Reduktion der Aufzucht
  - Anpassung von Futter und Fütterung

Ist eine sinnvolle Verwertung der Gülle problematisch, so ist eine Reduktion des Nährstoffanfalls erforderlich. Wichtige Punkte sind die Konzentration auf die Milcherzeugung im Betrieb sowie Fragen der Leistungshöhe und der Ausgestaltung der Fütterung. Im Jungviehbereich fällt relativ viel Gülle an. Eine Reduktion der Aufzucht auf das erforderliche Maß der Bestandsergänzung sowie die Optimierung des Erstkalbealters sind auch aus ökonomischer Sicht von Vorteil. Eine Steigerung der Milchleistung je Kuh senkt den Nährstoffanfall je kg ECM. Dies wirkt sich jedoch nur dann im Einzelbetrieb positiv aus, wenn auch die Rinderzahl entsprechend reduziert wird.

Auf Deutschland oder das Alpenvorland bezogen war dies in den letzten Jahren der Fall. Die Emissionen an Ammoniak und auch an Klimagasen müssten aus der Milchviehhaltung daher rückläufig sein (s. Tabelle 7). Nach Berechnungen von Zehetmeier (2009) geht der Anfall an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je kg Milch merklich zurück. Um die gesamte regionale Bilanz zu kalkulieren, ist allerdings zu berücksichtigen, wie die freiwerdende Futterfläche genutzt wird.

Tab. 7: Nährstoffausscheidung und Anfall an CO<sub>2</sub> eq nach Milchleistung

Milch kg ECM/Kuh	N g/kg ECM	P	CO <sub>2</sub> eq kg/kg ECM
6.000	18,5	2,8	0,7
8.000	15,4	2,2	0,6
10.000	14,1	2,0	0,5

In der nährstoffangepassten Milchviehfütterung haben sich inzwischen auch die Möglichkeiten erweitert. Durch eine entsprechende Ergänzung der Grasprodukte können auf Grünland ähnliche Ausscheidungen wie in Betrieben mit mehr Ackerfütterbau realisiert werden (Spiekers, 2009b, Spiekers und Pries, 2009). Ein wichtiges Instrument zur Beurteilung der N-Ausscheidung sind die Harnstoffgehalte in der Milch. Es empfehlen sich auf den Einzelbetrieb abgestimmte Lösungen zum Nährstoffmanagement.

Wie die Praxis zeigt, kann für einen Teil der Betriebe auch die Kombination mit Biogas eine Lösung für die Nährstoffproblematik sein, die sich ökonomisch rechnet. Überschüssiges Futter kann so verwertet werden. Sinnvoll sind Lösungen, in denen mehrere Milchviehbetriebe gemeinsam eine Biogasanlage auf Basis Gülle, Futterresten und überschüssigem Futter betreiben. Bei optimaler Organisation und Logistik kann so auch der Anfall an Methan aus der Umsetzung der Gülle im Stall und der Güllelagerung reduziert werden. Nach wie vor eine große Herausforderung sind die Ammoniakemissionen. Auch diese können geringer sein, wenn die Vorteile der Fließfähigkeit des Gärrestes und optimaler Ausbringtermine durch genügende Lagerkapazitäten genutzt werden.

Zur Beurteilung der Umweltwirkungen und zur Steuerung der Nährstoffflüsse sind Nährstoffbilanzen erforderlich. Vielfach problematisch sind im Grünlandbetrieb die Feld/Stall-Bilanzen, da diese oft unrealistische Werte liefern. Hierfür sind mögliche Ursachen:

- Überschätzung der Erträge im Grünland
- Unterschätzung der Nährstoffverluste bis zum Trog
- Einschätzung der Nährstoffausscheidungen

Aus fachlicher Sicht sollte daher der Hoftorbilanz größere Bedeutung beigemessen werden. Mit der Hoftorbilanz sind eine bessere Beurteilung und eine konkre-

tere Steuerung möglich. Die Unsicherheit bei den Erträgen und den Verlusten bis zum Trog erfordert zudem eine effizientere Futterwirtschaft. Die Möglichkeiten der Ertragsmessung am Häcksler und der Erfassung der Futtermengen am Futtermischwagen sind mehr zu nutzen (Köhler et al., 2009).

## 5. Schlussfolgerungen zur Grünlandnutzung

- Verschiedene Intensitäten in der tierischen und der pflanzlichen Leistung sind möglich und werden auch in Zukunft nebeneinander existieren; eine Ausrichtung und Beurteilung am Einzelbetrieb ist zu empfehlen;
- Das praktische Vorgehen in der Nährstoffbilanzierung ist zu hinterfragen; die Hoftorbilanz hat Vorteile, die genutzt werden sollten.
- Ein Anfall von Klimagasen insbesondere Methan ist bei der Nutzung von Gras für Milch und Fleisch unvermeidlich; die Möglichkeiten der Minderung sind bei der Betriebsorganisation zu beachten.
- Zur Lösung der Probleme ist eine effektive Umsetzung des Wissens zur Realisierung der Reserven zu empfehlen; fächerübergreifend sind Futterwirtschaft und Tiergesundheit zu optimieren;
- Zur Gewährleistung der Ökonomik sind die Förderprogramme zu beachten; dies gilt speziell bei der Beantwortung der Frage der „richtigen“ Intensität der Flächenbewirtschaftung.

## 6. Literatur

Agrarbericht Bayern 2008; Bayr. StMELF, München

Barth, K., Brinkmann, J., March, S., 2009: Gesundheit von allen Seiten betrachtet. Bioland, 04/2009, 16.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2008: Grünlandstudie Bayern, LfL-Schriftenreihe, 9/2009, 63 Seiten plus Anhang.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2009: Internationale Weidetagung 2009, Vollweidehaltung - Umsetzung in der Praxis mit begleitender Beratung, LfL Schriftenreihe 8/2009.

Diepolder, M., 2000: Auswirkungen von Düngung und Nutzungshäufigkeit auf Ertrag und Qualität eines Grünlandbestands in Oberbayern. Schule und Beratung, Heft 5/2000, Seite IV-5 bis IV-10; Bayerisches Staatsministeri-

- um für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München.
- Diepolder, M., Schröpel, R., 2002: Ergebnisse eines Stickstoffsteigerungsversuches auf einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland. Schule und Beratung, Heft 4/2002, Seite IV-3 bis IV-7; Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München.
- Diepolder, M., Schröpel, R., 2003: Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität bei weidelgrasreichem Dauergrünland – Ergebnisse eines bayerischen Langzeitversuches. Schule und Beratung, Heft 11/2003, Seite III-16 bis III-18; Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München.
- Diepolder, M., Jakob, B., 2004: Wirtschaftsgrünland in Gunstlagen: Welches Maß an Extensivierung ist mittelfristig sinnvoll? Schule und Beratung, Heft 11/2004, Seite III-16 bis III-23; Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München.
- Diepolder, M., Rieder, J.B., Hartmann, St., Gehring, K., Zellner, M., Demmel, M., 2006: Dauergrünland. In: Die Landwirtschaft – Pflanzliche Erzeugung; BLV Buchverlag, München, 1120 Seiten.
- Diepolder, M., 2006: Aspekte der Grünlandnutzung in Bayern. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 31 „Gräser und Grasland“, S. 93-110. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- DLG, 2005: Bilanzierung der Nährstoffausscheidung landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG/Band 199, DLG-Verlag.
- Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz (IAB) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) – siehe Internetportal unter: [www.lfl.bayern.de/iab/gruenland](http://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland); hier unter der Rubrik: Versuchsergebnisse und Praxisbeobachtungen.
- Koehler, B., Spiekers, H., Diepolder, M., Demmel, M. 2009: Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben. In: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 10, 53. Jahrestagung der AGFF, Kleve 2009, 65–68.
- LKV-NRW (Landeskontrollverband-NRW e. V.), 2008: Jahresbericht 2008, Krefeld.
- Milchreport Bayern 2009: Ergebnisse der Betriebszweigabrechnung Milchproduktion 2007/08, LfL 2009.
- OECD-FAO, 2009: Agricultural Outlook 2009. Deutsche Zusammenfassung, 5 Seiten.

- Rieder, J.B., 1983: Dauergrünland. BLV Verlagsgesellschaft, Frankfurt (Main), 192 Seiten.
- Schröpel, R., Diepolder, M., 2003: Auswirkungen der Grünlandextensivierung auf einer Weidelgras-Weißklee-Weide im Allgäuer Alpenvorland. Schule und Beratung, Heft 11/2003, Seite III-13 bis III-15; Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München.
- Spiekers, H., 2007: Erfolgreiche Fütterungsstrategien für das Jahr 2020, LfL Schriftenreihe 5/2007, 77-90.
- Spiekers, H., 2008: Nachhaltigkeit – Bedeutung für den rinderhaltenden Betrieb, LfL Schriftenreihe 3/2008, 9-12.
- Spiekers, H., 2009a: Milcherzeugung aus Sicht der Fütterung. 2. Täglicher Melktechniktagung, ART-Schriftenreihe 9, 15-24.
- Spiekers, H., 2009b: Nährstoffmanagement in intensiven Milchviehbetrieben, KTBL-Schrift 474, 168-180.
- Spiekers, H., Pries, M., 2009: Nährstoffmanagement: Flächen optimal verwerten. DLG-Test Landwirtschaft, Mai 2009, 18-21.
- Steinberger, S., Rauch, P., Spiekers, H. (2009): Vollweide mit Winterkalbung – Erfahrungen aus Bayern, LfL Schriftenreihe 8/2009, 42 - 47.
- Wendland, M., Diepolder, M., Capriel, P., 2007: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland (Gelbes Heft), 8. Überarbeitete Auflage 2007, LfL-Information, Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan, 98 Seiten.
- Zehetmeier, M., 2009: Einfluss einer Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung auf Treibhausgasemissionen, Nahrungsmittelproduktion, Wirtschaftlichkeit und Art der Flächennutzung. Master's Thesis, TUM.



## **Stickstoff in der Landwirtschaft - Entwicklungen des Umweltrechts und Handlungsbedarf**

M. Geupel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau

### **1. Einleitung**

Reaktiver Stickstoff zirkuliert über einen biogeochemischen Kreislauf durch Atmosphäre, Pedosphäre und Hydrosphäre. Auf seinem Weg durch die Umweltmedien führt er zu zahlreichen positiven und negativen Umweltwirkungen. Neben der natürlichen Stickstofffixierung durch Bakterien und Blaualgen (Sitte et al., 1998) sind es eine Vielzahl anthropogener Prozesse, die elementaren Luftstickstoff ( $N_2$ ) biologisch verfügbar machen. Die Entwicklung des Haber-Bosch Verfahrens zur Synthese von Ammoniak ( $NH_3$ ) und die Verbrennung fossiler Energieträger und die damit verbundene Emission von Stickstoffoxiden ( $NO_x$ ) haben den globalen Stickstoffkreislauf in den vergangenen 100 Jahren erheblich aufgebläht. Seit dem Zeitalter der industriellen Revolution hat sich die jährliche Rate der anthropogenen Produktion von reaktivem Stickstoff von etwa 15 Tg im Jahr 1860 auf 165 Tg im Jahr 2000 verzehnfacht (Galloway et al., 2003). Man geht heute davon aus, dass mehr als die Hälfte des global verfügbaren reaktiven Stickstoffs aus anthropogenen Quellen entammt.

Der Haber-Bosch-Prozess, dessen Entdeckung in diesem Jahr ihren 100. Geburtstag feiert, ermöglicht die industrielle Produktion von Ammoniak und bildet so die Basis für eine ausreichende Produktion von Stickstoffdüngern. Die Stickstofffixierung durch den Haber-Bosch-Prozess allein wird auf mehr als 100 Tg pro Jahr geschätzt. Die auf diese Weise erhöhte Verfügbarkeit von reaktivem Stickstoff ist essentieller Bestandteil einer eiweißreichen Ernährung für die wachsende Weltbevölkerung. Erisman et al. (2008) schätzen, dass im Jahr 2008 die eiweißreiche Ernährung von fast 50 % der Weltbevölkerung durch die Anwendung von mineralischen Stickstoffdüngern gesichert wurde.

Trotz der hohen Produktionsraten sind die Stickstoff-Ressourcen extrem ungleich über den Globus verteilt. Während in Afrika durch die Ernte oder durch ineffektives Management meist mehr Stickstoff im Bereich landwirtschaftlicher Systeme verlo-

rengeht, als durch Mineraldünger oder andere Quellen ersetzt werden kann (UNEP, 2007) und eine ausreichende, proteinreiche Ernährung für große Teile der Bevölkerung nach wie vor nicht sichergestellt werden kann, führt die hohe Produktivität der Landwirtschaft in der nördlichen Hemisphäre zu günstigen Lebensmitteln im Überfluss. Jedoch nur etwa 17 Tg von 100 Tg des energieaufwendig produzierten reaktiven Stickstoffs in Mineraldüngern werden vom Menschen konsumiert (Erisman et al., 2008) – der Rest bleibt ungenutzt und führt zusammen mit Emissionen aus Energiewirtschaft, Verkehr und Industrie zu einer stark erhöhten Stickstoffverfügbarkeit in terrestrischen und aquatischen (vor allem marinen) Ökosystemen.

Die resultierenden Störungen der natürlichen Stoffkreisläufe und Ökosystembeziehungen sind vielfältig. Erhebliche nachteilige Wirkungen auf die Umwelt (WGE, 2009) sowie auf die menschliche Gesundheit sind die Folge. Man spricht von einem globalen Querschnittsproblem des Umweltschutzes. So kommt es beispielsweise zu weiträumiger Eutrophierung, zu Nitratauswaschungen und zur Versauerung von Ökosystemen mit nachhaltigen Folgewirkungen z.B. bezüglich Biodiversität (Hettelingh et al., 2008). Erhöhte Emissionen von Lachgas führen zu einer zusätzlichen Verschärfung des Klimawandels (Oenema et al., 2005). Außerdem sind gasförmige Stickstoffverbindungen Vorläuferstoffe von bodennahem Ozon und sekundären Feinstäuben und damit ein Risiko für die menschliche Gesundheit. Erhöhte Ammoniak- (Cape et al., 2009) und Ozonkonzentrationen (Hayes et al., 2007) in der Atmosphäre führen darüber hinaus in Europa zu weiträumigen Schädigungen empfindlicher Pflanzen.

Trotz langjähriger Anstrengungen, die Stickstoffeinträge in die Umwelt zu reduzieren, werden in Deutschland viele der stickstoffbezogenen Umweltqualitäts- und -handlungsziele verschiedener umweltpolitischer Bereiche bisher nicht erreicht (UBA, 2009b). Beispiele sind der andauernde Verlust der biologischen Vielfalt (Bundesregierung, 2007) durch Eutrophierung terrestrischer, mariner und limnischer Ökosysteme (Gauger et al., 2008), das Nichterreichen der Ziele der 2. Internationalen Nordsee-Schutzkonferenz, den Stickstoffeintrag zwischen 1985 bis 1995 zu halbieren, die Überschreitung von Grenz-, Richt- und Schwellenwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit (z.B.  $\text{NO}_3$  im Trinkwasser,  $\text{NO}_2$  in der Außenluft, Feinstaub und Ozon) (UBA, 2005) und die voraussichtliche Nichteinhaltung der Ammoniak-Emissionsziele des Multi-Komponenten-Protokolls zur UNECE-Luftreinhaltekonvention (CLRTAP) sowie der EU-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie) (UBA, 2007).

Es zeigt sich, dass das bisherige sektorale Stickstoff-Management wenig effektiv ist, da sich gesetzliche Vorgaben und Regelungen zur Emissionsbegrenzung auf singuläre Emissionstypen beschränken, oder die lediglich nur ein Umweltmedium oder eine Wirkung adressieren. Eine Verlagerung von Problemen in andere Umweltbereiche („Pollution Swapping“) kann die Folge sein. Für eine wirksame Emissionsminderung von Stickstoff bei gleichzeitiger Nutzung der Vorteile reaktiven Stickstoffs bei der Nahrungsmittelproduktion bedarf es daher einer integrierten Betrachtungsweise (Erisman, 2004). Ein Beispiel dafür ist die integrierte Strategie zur Minderung von Stickstoffemissionen des Umweltbundesamtes (UBA, 2009a). Die Strategie quantifiziert medienübergreifend den Stickstoffkreislauf in Deutschland und bewertet Maßnahmen und Instrumente in einer integrierten sektorübergreifenden Art und Weise, die die Stickstoffflüsse zwischen den Medien berücksichtigt. Neben Verkehr und Energiewirtschaft ist vor allem der landwirtschaftliche Bereich als Verursacher hoher Stickstoffeinträge in die Umwelt zu nennen. Gleichzeitig offenbart die Bewertung von Maßnahmen besonders für die Landwirtschaft ein kosteneffizientes Potential zur Minderung der Stickstoffemissionen.

## **2. Inventar der Stickstoffflüsse in Deutschland**

Die umfangreiche Bilanzierung des Umweltbundesamtes quantifiziert jährliche Stickstoffflüsse und -emissionen für den Bezugszeitraum der Jahre 2000-2004 (UBA, 2009a und b). Die Inventarisierung betrachtet alle Umweltmedien und berücksichtigt soweit bekannt die bedeutenden Massenströme reinen Stickstoffs (> 1 GgN pro Jahr). Der Studie zu Folge beträgt der anthropogen bedingte Eintrag von reaktivem Stickstoff in die Umwelt in Deutschland etwa 3100 Gg/a N und ist damit (wie in Europa) mittlerweile größer als der Eintrag aus natürlichen Quellen (Erisman et al., 2005). Hauptzuströme sind der nationale Absatz mineralischer Düngemittel (1808 Gg), der Import von Futtermitteln (372 Gg), die biologische Stickstofffixierung in der Landwirtschaft (230 Gg), der grenzüberschreitende atmosphärische Import (260 Gg) und die durch Verbrennungsprozesse bewirkte Emission aus stationären und mobilen Quellen (514 Gg).

Die Entfernung reaktiven Stickstoffs aus dem Kreislauf in Höhe von jährlich etwa 2000 Gg gilt im Vergleich zu der Eintragsmenge als relativ ungenau. Die wichtigsten Größen sind der grenzüberschreitende atmosphärische Export (700 Gg), der Austrag über Fließgewässer in die Meere (450 Gg) und die Umwandlung von

reaktivem Stickstoff in molekularen Stickstoff  $N_2$  (etwa 860 Gg N; davon etwa 240 Gg aus Gewässern, 300 Gg aus der Landwirtschaft und 300 Gg aus Systemen zur Abwasserbehandlung).

Trotz großer Unsicherheiten, vor allem hinsichtlich der Quantifizierung von Denitrifikationsverlusten und Speicherungsprozessen in den Ökosystemen, ist von einer erheblichen Akkumulation reaktiver Stickstoffverbindungen auszugehen. Die Differenz zwischen dem Gesamt-Import nach Deutschland und dem quantifizierbaren Export beträgt ca. 1200 Gg/a N, also nahezu 40 % des eingetragenen Stickstoffs.

### **Stickstoffemissionen der Landwirtschaft**

Das Umweltbundesamt bilanziert, dass etwa 63 % aller deutschen Stickstoffemissionen den Luftpfad betreffen (48 %  $NH_3$ , 41 %  $NO_x$  und 11 %  $N_2O$ ) und nur ein Anteil von etwa 37 % über den (Boden-)Wasser-Pfad in die Umwelt gelangt (UBA, 2009b). Der landwirtschaftliche Sektor ist mit etwa 1000 Gg/a N (> 57 % der gesamten Stickstoffemissionen) wichtigster Emittent. Die Bereiche Verkehr (15 %), Energie- und industrielle Erzeugung (13 %), sowie die Einleitung von Abwässern in Oberflächengewässer (15 %) tragen in geringerem Maße zu den gesamten Emissionen bei.

Für die Landwirtschaft bilanzieren aktuelle Emissionsinventare inklusive der Freisetzung von elementarem  $N_2$  Emissionen in Höhe von etwa 1300 Gg/a N (UBA, 2008a; Behrendt et al., 2003; Dämmgen, 2007). Die Umwandlung von reaktivem Stickstoff in elementaren Stickstoff vor allem durch Denitrifikation in Böden bilanziert Dämmgen (2007) auf etwa 308 Gg/a N molekularen Stickstoff ( $N_2$ ). Der weit aus größere Teil gelangt aber als reaktiver Stickstoff in Umwelt:

Behrendt et al. (2003) bilanzieren für die Jahre 1998-2000, dass circa 423 Gg/a N der gesamten Einträge in Gewässer landwirtschaftlichen Prozessen zugeordnet werden können. Mit etwa 60 % geht aber der größere Teil des aus der Landwirtschaft emittierten reaktiven Stickstoffs in die Atmosphäre. Emissionsberechnungen ergaben für landwirtschaftliche Prozesse in Deutschland, gemittelt über die Jahre 2001–2003, insgesamt 586 Gg/a gasförmige Emissionen reaktiven Stickstoffs, davon etwa 85 % (496 Gg/a) als Ammoniak (UBA, 2008a). Beträchtliche Mengen des emittierten ammoniakalischen Stickstoffs (ca. 412 Gg) werden der

Düngerwirtschaft und damit der Tierhaltung zugeordnet. Im gleichen Zeitraum wurden zusätzlich direkte Lachgasemissionen – v. a. als diffuse Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden - in Höhe von 64 Gg/a N (11 %) registriert.  $\text{NO}_x$ -Emissionen in Höhe von 26 Gg/a N tragen mit 4 % nur einen geringen Teil zu den landwirtschaftlichen N-Emissionen in die Luft bei.

Die Höhe der landwirtschaftlichen Emissionen in die Luft hat sich seit 1991 nur geringfügig verändert. Während beispielsweise die gesamten  $\text{NO}_x$ - oder die  $\text{SO}_2$ -Emissionen in Deutschland stark zurückgefahren werden konnten, stagnieren die Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft seit 1991 mit Schwankung bei etwa 600 Gg/a  $\text{NH}_3$  auf unverändert hohem Niveau (UBA, 2008b). Die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen konnten ebenfalls im Bereich von Schwankungen nur um 5 % von 103 Gg/a  $\text{N}_2\text{O}$  auf 96 Gg/a  $\text{N}_2\text{O}$  gesenkt werden.

In Oberflächengewässern stieg der landwirtschaftliche Anteil der  $\text{NO}_3$ -Einträge sogar von 54 % in den Jahren 1983–1987 auf 77 % in den Jahren 2003–2005 an, wie mit dem Modell MONERIS ermittelte, noch unveröffentlichte Zahlen eines vom UBA in Auftrag gegebenen Forschungsberichts zeigen. Die leicht sinkenden absoluten Einträge deuten zwar an, dass auch die Landwirte umweltfreundlicher wirtschaften als noch in den achtziger Jahren, um aktuelle stickstoffbezogene Umweltqualitätsziele zu erreichen, müssen aber auch sie sich noch weiter verbessern. Die Notwendigkeit für zusätzliche Maßnahmen in der Landwirtschaft wächst – v. a. weil andere Quellen in den vergangenen 20 Jahren weitaus erfolgreicher bei der Minderung von Emissionen reaktiven Stickstoffs waren.

### **3. Stickstoffbezogene Umweltziele in Europa**

Die in Abschnitt 2 skizzierte, aktuelle Emissionssituation für Stickstoff aus der deutschen Landwirtschaft macht dringenden, zusätzlichen Handlungsbedarf im Bereich der aktuell gültigen, europäischen Rahmengesetzgebung deutlich. Ziele der EU im Zusammenhang mit der „Thematischen Strategie zur Luftreinhaltung“, der Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG), der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/56/EG) oder im Bereich des Klimaschutzes sind nur mit zusätzlichen Anstrengungen der Landwirtschaft zu erreichen. Die Gemeinsame Agrarpolitik der EU muss daher weitere Verantwortung für den Umweltschutz übernehmen.

Die „Thematische Strategie zur Luftreinhaltung“ setzt ambitionierte Ziele für eine Verbesserung des Zustands der Umwelt und reduzierte gesundheitliche Risiken durch Luftverschmutzung bis 2020. So soll im Vergleich zum Jahr 2000 bis 2020 europaweit beispielsweise die Eutrophierung um 43 %, die Versauerung von Wäldern um 75 % und die Zahl verlorener Lebensjahre durch Feinstaub um 47 % reduziert werden. Dafür ist in der EU-27 eine weitere Reduktion der  $\text{NH}_3$ -Emissionen um 22 % gegenüber 2000 nötig, wovon 14 % nur durch zusätzliche Maßnahmen erreicht werden können (Samarelli, 2009). Welche zusätzlichen Reduktionsziele der  $\text{NH}_3$ -Emissionen sich daraus für Deutschland ableiten, lässt sich bisher noch nicht erkennen. Konkrete diesbezügliche Zahlen sind aber im Zusammenhang mit der Revision der NEC-Richtlinie der EU und des Multikomponenten-Protokolls der CLRTAP bis Ende 2010 zu erwarten.

Die NEC-Richtlinie der EU und das Multikomponenten-Protokoll der CLRTAP haben beide seit etwa 10 Jahren eine Verringerung von Versauerung, Eutrophierung und den Wirkungen bodennahen Ozons zum Ziel. Nach wie vor führen aber hohe, nahezu flächendeckende Überschreitungen der kritischen Eintragsraten für eutrophierenden Stickstoff und versauernde Schadstoffe in Europa und Deutschland zu Risiken für Ökosysteme und deren Biodiversität.

Die Revision dieser beiden wirkungsbasierten Regelwerke lässt daher bis Ende 2010 revidierte und ambitioniertere Emissionshöchstmengen für das Jahr 2020 für  $\text{NH}_3$  und  $\text{NO}_x$  erwarten. Auch die technischen Vorgaben in den Anhängen des Multikomponenten-Protokolls, mit welchen die Mitgliedstaaten die angestrebten Emissionsminderungen erreichen können, werden überarbeitet. Mit einer Verschärfung der Vorgaben für Maßnahmen der Tierhaltung ist im Zuge der Revision zu rechnen. Unter der Task-Force on Reactive Nitrogen der Genfer Luftreinhaltkonvention berät das Expert Panel on Mitigation of Agricultural Nitrogen zurzeit darüber, wie auch konkrete Vorgaben zur Rinderhaltung und zur stickstoffreduzierten Fütterung gemacht werden können (EPMAN, 2009). Vorgaben zur Rinderhaltung sind aus Umweltschutzsicht längst überfällig, da Rinder mehr als die Hälfte der Ammoniak-Emissionen verursachen. Aktuell genießen Anlagen zur Rinderhaltung aber immer noch einen Sonderstatus. So gibt es in der IVU-Richtlinie (Richtlinie 96/61/EG) keine Schwellen, ab der auch Rinderställe voll in immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren einzubeziehen sind. Die Revision des Multikomponenten-Protokolls könnte also richtungweisenden Charakter auch für andere europäische Regelungen haben. Ob aber konkrete Regelungen zur regulären Einbeziehung der Rinderställe in Genehmi-

gungsverfahren im aktuellen Revisionsprozess des IVU-Merkblatts zur besten, verfügbaren Technik zu Intensivtierhaltungsanlagen Eingang finden, bleibt abzuwarten. Fest steht indes: Um ein einheitliches Umweltschutzniveau innerhalb der EU zu erreichen, welches ein Ziel der IVU-Richtlinie ist, müssen bisher nur unzureichend vor hohen Überschreitungen der kritischen Eintragsraten geschützte Gebiete, wie z. B. die „Banane“ von Ostfriesland bis zur Bretagne, durch zusätzliche landwirtschaftliche Maßnahmen zur Reduktion der N-Emissionen besser geschützt werden.

Auch für den Schutz der Gewässer setzt Europa den Rahmen: So müssen nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) die Gewässer Europas bis zum Jahr 2015 einen „guten Zustand“ aufweisen. Eine erste Bestandsaufnahme für Deutschland zeigt, dass für einen Großteil der ober- und unterirdischen Gewässer dieser Zustand nur sehr unwahrscheinlich erreicht werden kann. Vor allem in Meeres- und Küstenökosystemen und im Grundwasser ist die Nährstoffbelastung entscheidend dafür, dass die gesetzten Ziele nicht erreicht werden können. Für etwa 85 % der deutschen Oberflächengewässer und 50 % des Grundwassers sind für die Zielerreichung weitere Maßnahmen zur Reduktion der Stickstoff- und Phosphoreinträge notwendig. In diesen Kontext ist auch die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie aus dem Jahr 2008 zu sehen. Sie will bis 2020 ebenfalls einen „Guten Zustand“ der Meere erreichen. Dafür fordert sie weitere Minderungen der Nährstoffeinträge. Im Baltic Sea Action Plan, der bereits im Jahr zuvor von den Umweltministern der Mitgliedsstaaten der Helsinki-Kommission beschlossen wurde (HELCOM, 2007), sind sogar konkrete Minderungsverpflichtungen für die Stickstoffeinträge in die Ostsee festgeschrieben. Um die Eutrophierungswirkung in Meeres- und Küstenökosystemen zu reduzieren, müssen die Nährstoffeinträge über die Flusssysteme weiter drastisch vermindert werden. In Deutschland sind diese zusätzlichen Minderungen voraussichtlich mit den zur Umsetzung der WRRL ohnehin erforderlichen Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge erreichbar.

#### **4. Vorgaben in Deutschland und notwendige Entwicklungen aus Sicht des Umweltschutzes**

Ein Ziel des landwirtschaftlichen Fachrechts ist es, sowohl Umweltschutz- als auch Produktionsziele in der Landwirtschaft zu sichern. Die existierenden Regelungen haben den Anspruch, zur Erreichung der genannten stickstoffbezoge-

nen Umweltziele beizutragen. Die Düngeverordnung schreibt eine schrittweise Absenkung des Stickstoff-Überschusses nach Flächenbilanz vor. So darf der Stickstoff-Überschuss im Durchschnitt von drei Jahren ab den Jahren 2009-2011 einen Wert von 60 kg/ha und Jahr nicht mehr überschreiten. Vor allem die Ziele der WRRL und der Nitratrictlinie (Richtlinie 91/676/EWG) sollen mit dieser strengen Vorgabe erreicht werden. Das Wirtschaften nach den Grundsätzen der Guten Fachlichen Praxis sowie Ausbringungsobergrenzen für Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft von 170 kg je Hektar und Jahr für Ackerland und bis zu 230 kg/ha für Grünland sollen die Landwirtschaft ans Ziel führen.

Bisher ist man in Deutschland von diesen Zielen jedoch noch weit entfernt. Aktuelle N-Überschuss-Bilanzierungen nach Hoftorbilanz-Methode kommen nach wie vor nicht unter die magische Marke von 100 kg/ha (UBA, 2009c). Das gegenwärtige Belastungspotenzial erhöht sich darüber hinaus noch erheblich, wenn man z. B. die Freisetzung von Stickstoff bei den zurzeit stark zunehmenden Grünland- oder Niedermoorumbrüchen hinzuzieht (Nieder, 2009).

Insbesondere die finanzielle Förderung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen führte in den vergangenen Jahren verstärkt zur Umwandlung nicht intensiv genutzter Flächen in Ackerland für Energiepflanzen. Das ist aus Umweltschutzsicht eine enttäuschende Entwicklung. Auch für den Anbau nachwachsender Rohstoffe gelten die Regeln der Guten Fachlichen Praxis. Die Europäische Kommission empfiehlt, Kulturen mit geringer Umweltwirkung zu bevorzugen. Mehrjährige Kulturen sollten bevorzugt, Grünlandumbrüche vermieden und Alternativen zu nährstoffintensiven und stark Humus zehrenden Kulturen wie Mais oder Raps gefunden werden (UBA, 2008c). Die bisherige Entwicklung ist aber faktisch das Gegenteil vom Gewollten: Die Landwirtschaft trägt an Stellen, wo sie Mais auf Niedermoorstandorten anbaut und dadurch zusätzlichen im Humus gebundenen Stickstoff und Kohlenstoff freisetzt, nicht nur verstärkt zur Stickstoffproblematik, sondern ebenfalls stark zum Klimawandel bei, obwohl das Klima durch den Einsatz von Biokraftstoffen eigentlich geschützt werden soll. Enttäuschendes Fazit ist, dass die großen Chancen, die im Bereich Biomasseanbau vorhanden sind, Produktionsziele und Umweltschonung in der Landwirtschaft in Einklang zu bringen bisher nur unzureichend genutzt werden.

Auch im Genehmigungsrecht für den Immissionsschutz können in Deutschland Produktionsziele der Landwirtschaft und der Umweltschutz noch verstärkt in Einklang gebracht und Stickstoffemissionen reduziert werden. So gibt es aus

Umweltschutzsicht nach wie vor keine ausreichenden Vorgaben für den Immissionsschutz in der Rinderhaltung, obwohl Rinder einen Großteil der deutschen Ammoniakemissionen verursachen. Konkret bedeutet das, dass Anlagen zur Rinderhaltung mit mehr als 600 Tierplätzen lediglich ein vereinfachtes immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren durchlaufen müssen. Das vollwertige Genehmigungsrecht nach der 4. Bundes-Immissionsschutzverordnung gilt in der Landwirtschaft nur für große Anlagen zur Schweine-, Ferkel- und zur Geflügelzucht. Ein Aufrechterhalten dieser Ausnahmeregelung für die Rinderhaltung ist aus Umweltschutzsicht vor allem vor dem Hintergrund der europäischen Luftreinhaltepolitik und denen Zielen zur Ammoniakemissionsminderung nicht Ziel führend.

## 5. Fazit

Um in der Landwirtschaft Umweltschonung vor dem Hintergrund einer gesicherten Produktion zu festigen und um insbesondere die genannten stickstoffbezogenen Umweltziele zu erreichen, sind die bestehenden politischen Vorgaben in Deutschland weiterzuentwickeln. Sowohl der Sachverständigenrat Umwelt (SRU) mit seinem Umweltgutachten 2008 (SRU, 2008) als auch das Umweltbundesamt mit der 2009 veröffentlichten Stickstoff-Emissionsminderungsstrategie (UBA, 2009a) fordern die ambitionierte Fortschreibung und mutige Neueinführung von Maßnahmen und Instrumenten zur weiteren Reduzierung der Nährstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft. Die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (Bundesregierung, 2002) fordert bereits seit Langem, die Stickstoffbilanz-Überschüsse nach Hoftorbilanz bis zum Jahr 2010 auf 80 kg/ha und Jahr abzusenken.

Das Umweltbundesamt verlangt in seiner Stickstoff-Emissionsminderungsstrategie konkret, die novellierte Düngeverordnung zu verschärfen und ihre systematische Kontrolle zu verstärken, um den Anforderungen des Klima- und Gewässerschutzes gerecht zu werden. Das UBA fordert eine Reduzierung der Überschüsse auf 50 kg/ha (UBA, 2009d). Erreicht werden soll dies insbesondere durch weitere Konkretisierung der Ausbringungszeitpunkte für Düngemittel sowie durch Überarbeitung der Technikregelungen für Ausbringungsverfahren. Wegen der vergleichbaren Stickstoffdynamik sollte Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern nichttierischer Herkunft (Gärrückstände, Klärschlämme) dringend auf die Ausbringungsobergrenzen angerechnet werden. Um zusätz-

lich den Anforderungen des Immissionsschutzes besser gerecht zu werden, sollten die bestehenden Regelungen um eine Flächenbindung in der Tierhaltung (max. 1,2 GV/ha) angepasst werden. Dadurch würden auch indirekt die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Tierhaltung in der Düngeverordnung mitberücksichtigt. Außerdem fordert das UBA seit Langem, die Stickstoffüberschuss-Bilanz nach der Hoftorbilanzmethode zu ermitteln, weil nur so die Stickstoffverluste als Ammoniak aus Ställen sowie aus Wirtschaftsdüngern, bevor diese auf den Feldern ausgebracht werden, in der Bilanz erscheinen. In der Stickstoff-Emissionsminderungsstrategie bewertet das Umweltbundesamt die Konkretisierung dieser Regelungen – im Hinblick auf das Stickstoff-Emissionsminderungspotential - als vergleichsweise kosteneffizient.

Zusätzlich könnte eine sektorabhängige N-Überschussabgabe ab 80 kg/ha die Nährstoffbelastung von Böden und Wasser kosteneffizient regulieren. Die N-Abgabe in Abhängigkeit von den Stickstoffüberschüssen würde auch den Sektor der Tierhaltung direkt mit in das Abgabensystem einbeziehen und somit eine Reduktion der Stickstoffverluste auch in der Tierhaltung bewirken. Eine jährliche Anpassung in Abhängigkeit von der Entwicklung des nationalen Stickstoff-Bilanzsaldos und eine Rückführung des Abgabenaufkommens an die Landwirte zur Durchführung von zusätzlichen Agrarumweltmaßnahmen sind möglich.

Beim Klimaschutz kann die Landwirtschaft gleich in doppelter Hinsicht einen wichtigen Beitrag leisten. Dazu sollte die Förderung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe allerdings auf den Anbau ohne zusätzlichen Grünlandumbruch beschränkt werden und zumindest für sensible und feuchte Standorte, wie Auen oder Niedermoore sollte das Umbruchverbot nach Cross Compliance oder bei den Direktzahlungs-Verpflichtungen verankert werden.

Neben weiteren gesetzlichen Vorgaben für die Landwirtschaft als Institution und einer damit verbundenen Verlagerung des Problems hin zu den Produzenten, sollten aber auch die Konsumenten durch ihr Verhalten zur Reduktion von Stickstoffemissionen beitragen. Reduzierter und bewusster Fleischkonsum ist diesbezüglich als besonders wirksam zu werten. Die Veränderung des Konsumverhaltens der Bevölkerung würde zu einem geringeren Protein- und Fett-Verzehr führen und könnte so den Markt für Nahrungsmittel tierischer Herkunft entlasten. Dies würde zu geringeren Stickstoffemissionen vor allem im Bereich der Tierproduktion sowie zu erheblichen Minderungen der Emissionen aus der Futtermittelproduktion führen.

Das Umweltbundesamt bewertet über die hier dargestellten Maßnahmenvorschläge hinaus in seiner Stickstoff-Emissionsminderungsstrategie eine Reihe weiterer optionaler Maßnahmen und Instrumente – nicht nur im Bereich der Landwirtschaft.

Maßnahmen und Instrumente im Bereich der Landwirtschaft allerdings zeigen in Bezug auf Emissionsminderung von reaktivem Stickstoff die größten Synergieeffekte: Die Steigerung der Stickstoffeffizienz führt zu einem reduzierten Eintrag reaktiver Stickstoffverbindungen in den N-Kreislauf. Viele Maßnahmen in der Landwirtschaft schützen somit gleichzeitig das Klima, tragen zum Erhalt integrierter, terrestrischer und aquatischer Ökosysteme bei und wirken auch im Sinne der Luftreinhaltung.

Die Stickstoffminderung in der Landwirtschaft kann deshalb die Risiken für zahlreiche Schutzgüter gleichzeitig verringern und so besonders effektiv zur Umweltschonung beitragen. Und letztlich sind eine intakte Umwelt und ein stabiles Klima auch Voraussetzungen für die hohe Qualität der landwirtschaftlichen Produktion.

## 6. Literaturangaben

Behrendt, H., Bach, M., Kunkel, R., Opitz, D., Pagenkopf, W.-G., Scholz, G., Wendland, F., 2003: Quantifizierung der Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer Deutschlands auf der Grundlage eines harmonisierten Vorgehens. UBA-Texte 82/03. Berlin, UBA

Bundesregierung, 2002: Perspektiven für Deutschland. Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Bundesregierung, Berlin Hrsg.: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung

Bundesregierung, 2007: Nationale Strategie der biologischen Vielfalt der Bundesrepublik Deutschland (2007) Berlin, BMU (Hrsg.) <http://www.biologischevielfalt.de>

Cape, J.N., v. d. Erden, L.J., Sheppard, L.J., Leith, I.D., Sutton, M.A., 2009: Evidence for changing the critical level for ammonia. *Env Poll* 157, 1033-1037

Dämmgen, U. (Hrsg.), 2007: Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR-Tabellen). Völknerode, Landbauforschung SH304A

- Erisman, J.W., 2004: The Nanjing Declaration on Management of Reactive Nitrogen. *BioScience* 54 (4), 286-287
- Erisman, J.W., Domburg, P., de Haan, B.J., de Vries, W., Kros, J., Velthof, G., Sanders, K., 2005: The Dutch nitrogen cascade in the European perspective. *ECN Biomass, Coal and Environ Res* (2005): <http://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-C--05-007>.
- Erisman, J.W., Sutton, M.A., Galloway, J., Klimont, Z., Winiwater, W., 2008: How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nat. Geosci.* 1: 636-639
- EPMAN – Expert Panel on Mitigation of Agricultural Nitrogen, 2009: <http://www.clrtap-tfrn.org/?q=node/10>
- Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P., Howarth, R.W., Cowling, E.B., Cosby, B.J., 2003: The Nitrogen Cascade. *BioScience* 53 (4), 341-356
- Gauger, T., Haenel, H.-D., Rösemann, C., Dämmgen, U., Bleeker, A., Erisman, J.W., Vermeulen, A.T., Schaap, M., Timmermanns, R.M.A., Bultjes, P.J.H., Duyzer, J.H., Nagel, H.-D., Becker, R., Kraft, P., Schlutow, A., Schütze, G., Weigelt-Kirchner, R., Anshelm, F. 2008: National Implementation of the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Effects). Abschlussbericht UFOPLAN-Vorhaben FKZ 204 63 252, UBA-Texte 38/08 ISSN 1862-4804
- Hayes, F., Mills, G., Harmens, H., Norris, D., 2007: Evidence of widespread ozone damage to vegetation in Europe (1990-2006). Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation (Hrsg.) Gwynedd, UK
- HELCOM, 2007: HELCOM Baltic Sea Action Plan, HELCOM Ministerial Meeting, Krakow, Poland. [http://www.helcom.fi/stc/files/BSAP/BSAP\\_Final.pdf](http://www.helcom.fi/stc/files/BSAP/BSAP_Final.pdf)
- Hettelingh, J.-P., Posch, M., Slootweg, J. (Hrsg), 2008: Critical Loads, Dynamic Modelling and Impact Assessment in Europe: CCE Status Report 2008. Coordination Centre for Effects, Netherlands Environmental Assessment Agency
- Nieder, R., 2009: Stickstoff-Überschuss in der Landwirtschaft Deutschlands: Folgen für Böden, Gewässer und angrenzende Ökosysteme. vTI-Fachtagung „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“.
- Oenema, O., Wrage, N., Velthof, G.L., van Groenigen, J.W., Dolfing, J., Kuik-

- man, P.J., 2005: Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutri. Cycl. Agroecosyst.* 72, 51-65
- Samarelli, L., 2009: Review and revision of the European legislation related to ammonia. European Commission, DG Environment, Unit Agriculture, Forests and Soil. [http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/TFRN-2%20Presentations/EC\\_samarelli.pdf](http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/TFRN-2%20Presentations/EC_samarelli.pdf)
- Sitte, P., Ziegler, H., Ehrendorfer, F., Bresinsky, A. in: Straßburger (Hrsg), 1998: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm, Gustav Fischer, 330-332
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen), 2008: Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. In: Umweltgutachten 2008, Kapitel 11 Landwirtschaft. Berlin, Erich Schmidt Verlag
- Umweltbundesamt UBA, 2005: Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland. Berlin, Erich Schmidt Verlag
- Umweltbundesamt UBA, 2007: Nationales Programm zur Verminderung der Ozonkonzentration und zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen gemäß § 8 der 33. BImSchV und der Richtlinie 2001/81/EG (NEC RL). UBA-Texte 37/07, ISSN 1862-4804
- Umweltbundesamt UBA, 2008a: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990. Emissionsentwicklung 1990-2007. <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>
- Umweltbundesamt UBA, 2008b: German Informative Inventory Report. Emission trends. <http://iir-de.wikidot.com/emission-trends>
- Umweltbundesamt UBA, 2008c: Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3472.pdf>
- Umweltbundesamt UBA, 2009a: Integrierte Stickstoff-Emissionsminderungsstrategie. Dessau-Roßlau, <http://www.umweltbundesamt.de/luft/downloads/emissionen/stickstoffemissionsminderungsstrategie.pdf>
- Umweltbundesamt UBA, 2009b: Hintergrundpapier zur Integrierten Stickstoff-Emissionsminderungsstrategie. Dessau-Roßlau. <http://www.umweltbundesamt.de/luft/downloads/emissionen/hg-stickstoffemissionsminderungsstrategie.pdf>
- Umweltbundesamt UBA, 2009c: Daten zur Umwelt. Nährstoffeinträge und Stickstoffüberschüsse. <http://www.umweltbundesamt-umwelt-deutschland.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=3639>

Umweltbundesamt UBA, 2009d: Förderung des Ökolandbaus als strategischer Beitrag zur Verringerung umweltbelastender Stoffströme aus der Landwirtschaft in die Umwelt. <http://www.umweltbundesamt.de/landwirtschaft/publikationen/oekolandbaustrategie.pdf>

UNEP & WHRC, 2007: Reactive Nitrogen in the Environment: Too Much or Too Little of a Good Thing. UN Environm Progr, Paris

WGE – Working Group on Effects, 2009: Effects of nitrogen on ecosystems: Some examples by the Working Group on Effects. [http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/TFRN-2%20Presentations/WGE\\_examples\\_legall\\_cmp.pdf](http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/TFRN-2%20Presentations/WGE_examples_legall_cmp.pdf)





























