

Wissenschaftliche Tagung

***Klimawirkungen und Nachhaltigkeit
ökologischer und konventioneller
Pilotbetriebe in Deutschland***

Thünen-Institut Braunschweig

im Forum

am Mittwoch, 27. Februar 2013

Gefördert durch:



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Veranstalter



Technische Universität München

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der
Technischen Universität München



Thünen-Institut für Ökologischen Landbau

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz



Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Institut für Organischen Landbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-
Universität Bonn



Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-
Universität Halle-Wittenberg



Bioland Beratung GmbH Augsburg

40 ökologische und 40 konventionelle Pilotbetriebe

Zielsetzung

Wie hoch sind die Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung? Wie beeinflussen die Standortbedingungen und Anbauverfahren die Klimabilanz? Bestehen Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben hinsichtlich der CO₂-, CH₄- und N₂O-Emissionen? Welche Minderungsstrategien sind der Praxis zu empfehlen? Führt eine Leistungs- und Effizienzsteigerung auch zu geringeren produktbezogenen Emissionen? Ist die Kohlenstoffbindung von Böden eine Möglichkeit zur Verbesserung der Klimabilanz?

Auf diese Fragen gibt die Wissenschaftliche Tagung am Thünen-Institut detaillierte Antworten. Ergebnisse eines vierjährigen Forschungsprojektes werden erstmals einem breiten Fachpublikum vorgestellt und mit Experten aus Wissenschaft, Politik, Praxis und Beratung diskutiert.

In den Jahren 2009 bis 2012 wurden im Forschungsverbundprojekt ***Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben**** in 40 ökologischen und 40 konventionellen Betrieben der Anbau landwirtschaftlicher Nutzpflanzen und die Haltung von Milchkühen untersucht. Auf der Grundlage betrieblich verfügbarer Daten und zusätzlicher Messdaten wurden vollständige Treibhausgasbilanzen berechnet. Hierbei wurden alle relevanten Prozesse – von der Erzeugung landwirtschaftlicher Betriebsmittel im Vorleistungsbereich, über die betrieblichen Energie-, Stickstoff- und Kohlenstoffflüsse bis zu Landnutzungsänderungen in die Bilanzierung einbezogen.

Die Ergebnisse zeigen eine große Variabilität der Treibhausgasflüsse in Abhängigkeit von den Standortbedingungen, den Betriebsstrukturen, der Bewirtschaftungsintensität und der Verfahrensgestaltung. In enger Zusammenarbeit von Wissenschaftlern, Beratern und Landwirten wurden umsetzbare Maßnahmen zur Emissionsminderung abgeleitet und erste Ansätze für eine Klimaschutzberatung entwickelt.

* Das Projekt wurde von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und anderer Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) und aus Sondermitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zur nationalen Klimaberichterstattung gefördert.

Programm

Mittwoch 27. Februar 2013

9:00 Begrüßung

9:10 Klimawandel und Klimaschutz in der Landwirtschaft

Dr. Andreas Täuber, BMELV Referat 521

9:30 Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft – Bedeutung und Möglichkeiten zur Emissionsminderung

Prof. Dr. Heinz Flessa, Thünen-Institut

Schwerpunkt Pflanzenbau

Moderation: Prof. Dr. Olaf Christen, Universität Halle-Wittenberg

10:00 Energie- und Treibhausgasbilanzierung in ökologischen und konventionellen Betriebssystemen

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, Dipl. Ing. Harald Schmid, TU München

10:30 Regionale Treibhausgasflüsse in Klee-gras-Weizensystemen

Dr. Roland Fuß, Dr. René Dechow, Dr. Annette Freibauer, Thünen-Institut

10:50 Pflanzenbauliche Strategien klimaneutraler Ertrags- und Produktivitätssteigerungen

Prof. Dr. Ulrich Köpke, Dr. Daniel Neuhoff, Universität Bonn

11:10 Bewertung des Bodengefüges von Ackerflächen der Pilotbetriebe und Schlussfolgerungen zur nachhaltigen Bodennutzung

Dipl. Ing. Eva Höhne, Dr. Jan Rücknagel, Prof. Dr. Olaf Christen, Universität Halle-Wittenberg

11:30 Diskussion

12:00 Mittagessen

Schwerpunkt Milchviehhaltung

Moderation: Prof. Dr. Gerold Rahmann, Thünen-Institut

13:00 Energie- und Treibhausgasbilanzierung der ökologischen und konventionellen Milchviehhaltung – Einfluss von Futtererzeugung, Leistung und Haltungsbedingungen

Helmut Frank, M. Sc., Dipl. Ing. Harald Schmid, Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, TU München

13:30 Treibhausgasemissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdüngern - gibt es eindeutige Aussagen?

Dr. Hans Marten Paulsen, Franziska Schulz, M. Sc., Sylvia Warnecke, M. Sc., Dr. Britta Blank, Dipl. Ing. Dagmar Schaub, Prof. Dr. Gerold Rahmann, Thünen-Institut

13:50 Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Milchproduktionssysteme – Einflussfaktoren und CO₂-Vermeidungskosten

Monika Zehetmeier, M. Sc., Prof. Dr. Alois Heißenhuber, TU München

14:10 Diskussion

14:30 Pause

Schwerpunkt Wissenstransfer und Beratung

Moderation: Dipl. Ing. Jan Plagge, Bioland

15:00 Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsberatung – Entwicklung neuer Beratungsinstrumente

Dipl. Ing. Thomas Fisel, Helmut Frank, M. Sc., Dipl. Ing. Jan Plagge, Bioland Beratung

15:30 Diskussionsrunde mit Praktikern: Betriebliche Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsstrategien – Erfahrungen aus dem Netzwerk der Pilotbetriebe

Dirk Schulze-Gabrechten, Betriebsleiter konventioneller Pilotbetrieb
Gyso von Bonin, Betriebsleiter ökologischer Pilotbetrieb

Moderation: Dr. Karl Kempkens, LWK-NRW

16:30 Schlussfolgerungen und Ausblick: Nachhaltige Landwirtschaft weltweit – gehen die Pilotbetriebe voran?

Prof. Dr. Gerold Rahmann, Thünen-Institut

Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft – Bedeutung und Möglichkeiten zur Emissionsminderung

Heinz Flessa

Problemstellung und Methodischer Ansatz

Die mit der landwirtschaftlichen Produktion verbundenen Umsetzungsprozesse des Kohlenstoff- und Stickstoffkreislaufs führen zu Treibhausgasemissionen, die sich nicht vollständig vermeiden lassen. Zudem handelt es sich bei den landwirtschaftlichen Emissionen um diffuse Belastungen, die in ihrer Höhe stark von den jeweiligen technischen, natürlichen und klimatischen Bedingungen abhängen und daher schwer zu erfassen sind. Die gesetzten Klimaschutzziele machen es erforderlich, dass alle Möglichkeiten der Minderung klimawirksamer Emissionen geprüft werden, also auch in der Landwirtschaft.

Der Nationale Emissionsbericht gibt Aufschluss über die Höhe der Treibhausgasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft. In diesem Bericht werden jährlich die Emissionen aus der Verdauung von Wiederkäuern (Emission von CH_4), aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (Emission von CH_4 und N_2O) und aus der Düngung landwirtschaftlich genutzter Böden (direkte und indirekte Emission von N_2O) errechnet. Weiterhin werden Emissionen aus entwässerten, landwirtschaftlich genutzten Mooren (Emission von CO_2 und N_2O) abgebildet, und es wird der Einfluss von Landnutzungsänderungen wie der Umwandlung von Grünland in Ackerland auf die CO_2 -Bilanz erfasst. Im Rahmen dieses Beitrags wird die Entwicklung der Emissionen von CO_2 , CH_4 , N_2O und NH_3 aus der deutschen Landwirtschaft auf der Basis der nationalen Emissionsberichterstattung analysiert und es werden Maßnahmen zur Emissionsminderung aufgezeigt.

Ergebnisse und Folgerung

Emissionen aus der Landwirtschaft

Die Treibhausgasemission aus der deutschen Landwirtschaft ist seit 1990 um ca. 15 % gesunken (Abbildung 1). Am deutlichsten fällt die Emissionsminderung bei der Methanemission aus (-30 % seit 1990), die überwiegend aus der Milchviehhaltung stammt. Der Beitrag der Landwirtschaft zur gesamten nationalen Treibhausgasemission betrug auf der Basis der Systemgrenzen der nationalen Emissionsberichterstattung im Jahr 2011 rund 12 %.

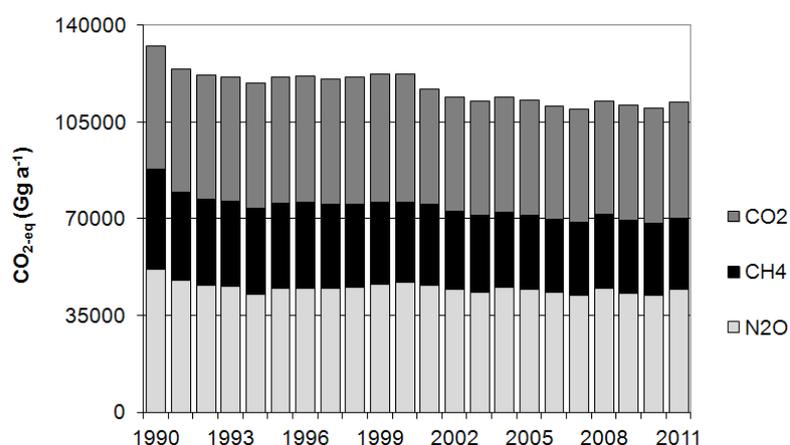


Abbildung 1: Emission von CO₂, CH₄ und N₂O aus der deutschen Landwirtschaft in den Jahren 1990 bis 2011 auf der Basis der Systemgrenzen der nationalen Emissionsberichterstattung.

Für die Emission von CH₄, N₂O und NH₃ in Deutschland ist die Landwirtschaft die Hauptquelle (Abbildung 2). Trotz der deutlichen Emissionsminderung ist ihr Anteil an der nationalen CH₄-Emission von 33 % im Jahr 1990 auf 53 % in 2011 angestiegen. Auch der Anteil der Landwirtschaft an der nationalen N₂O-Emission ist deutlich gewachsen, von 60 % im Jahr 1990 auf 78 % in 2011. Der prozentuale Beitrag zu den NH₃-Emissionen in Deutschland ist unverändert hoch bei rund 95 %.

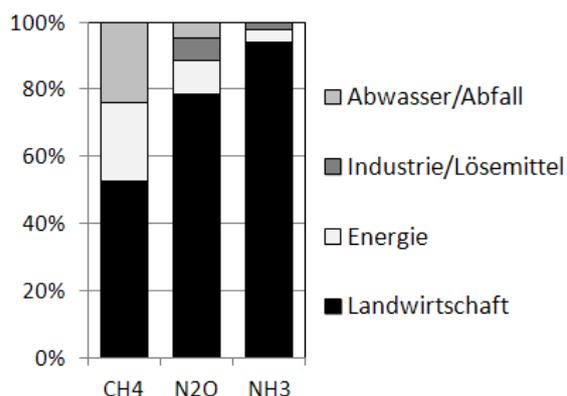


Abbildung 2: Relativer Anteil unterschiedlicher Emissionsbereiche an der nationalen Gesamtemission von CH₄, N₂O und NH₃ im Jahr 2011.

Bisher gibt es noch keine sektorspezifischen Emissionsminderungsziele für die Landwirtschaft in Deutschland. Der politische Druck zur Emissionsminderung in der Landwirtschaft nimmt jedoch zu, denn:

-
- Der relative Beitrag der Landwirtschaft an den Emissionen steigt wie beschrieben.
 - Die CH₄- und N₂O-Emissionen der Landwirtschaft werden auf die verbindlichen Kyoto-Ziele der Emissionsminderung angerechnet.
 - Die CH₄- und N₂O-Emissionen der Landwirtschaft sind auch Teil der Verpflichtung der EU-Mitgliedstaaten, die Treibhausgasemissionen in den Sektoren Verkehr, Kleingewerbe, Haushalte und Landwirtschaft bis zum Jahr 2020 gegenüber 2005 insgesamt um 14 % zu senken.
 - Im Rahmen der NEC-Richtlinie hat sich Deutschland zu einer Begrenzung der nationalen NH₃-Emission auf jährlich 550 kt verpflichtet.

Maßnahmen zur Emissionsminderung

Eine zentrale Zielgröße von Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft sollte die Minderung ertragsbezogener Emissionen sein, da eine Emissionsminderung durch die Verringerung der Produktion bei unveränderter Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen nur zu einer Verlagerung der Produktion und der Emissionen führt. Auch sollten Synergien zwischen Klimaschutzmaßnahmen und anderen Umweltzielen berücksichtigt werden.

Wichtige Ansatzstellen für Klimaschutz in der Landwirtschaft sind

- die Senkung der N-Bilanzüberschüsse und Steigerung der N-Produktivität,
- die Reduzierung der Ammoniakemissionen,
- der Schutz von Dauergrünland auf Standorten mit großen Vorräten an organischer Bodensubstanz,
- langfristig angelegte Flächennutzungsstrategien zum Schutz und Erhalt von Moorflächen

Eine umfassende Analyse und Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Agrarsektor, die im Auftrag des Landes Niedersachsen erstellt wurde, wurde kürzlich von Forschungsinstituten des Thünen-Instituts vorgelegt. Sie kann als freier „Download“ im Internet abgerufen werden (www.ti.bund.de, Rubrik Aktuelles/Downloads, Landbauforschung Sonderheft 361).

Energie- und Treibhausgasbilanzierung in ökologischen und konventionellen Betriebssystemen

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Harald Schmid

Problemstellung

Die Ableitung wirksamer Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgas (THG)-Emissionen setzt die Kenntnis der Emissionsprozesse sowie der Einflussfaktoren auf die Treibhausgasflüsse voraus. Es ist noch nicht ausreichend untersucht, in welchem Umfang durch angepasste Produktionsverfahren und die Systemoptimierung von Landwirtschaftsbetrieben Emissionen reduziert werden können. Kontrovers wird vor allem der Einfluss von Landbausystemen (ökologischer vs. konventioneller Landbau) und Intensitätsniveaus (Low-Input- vs. High-Input-Systeme) auf die Klimabilanz diskutiert.

Bei der Analyse von THG-Emissionen ist der Untersuchungsgegenstand „Landwirtschaftlicher Betrieb“ von großer Bedeutung. Es gibt zahlreiche Untersuchungen zu Teilprozessen von THG-Emissionen in der Landwirtschaft, es fehlten aber ganzheitliche betriebliche Analysen. Fast immer wurden pflanzliche oder tierische Produktionssysteme separat betrachtet, ohne Berücksichtigung der innerbetrieblichen Zusammenhänge. Untersuchungen sollten nicht nur auf Einzelmaßnahmen, sondern auf gesamtbetriebliche Optimierungen ausgerichtet werden.

Forschungsansatz – Aufbau eines deutschlandweiten Netzwerkes von Pilotbetrieben

Im interdisziplinären Forschungsprojekt *„Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe“* werden seit dem Jahr 2009 Treibhausgasemissionen beim Anbau landwirtschaftlicher Nutzpflanzen und der Haltung von Milchkühen untersucht, Ursachen von Emissionen aufgeklärt und Möglichkeiten zur Emissionsminderung abgeleitet. Neben den Klimawirkungen werden weitere Umwelteffekte, z.B. auf Böden und Biodiversität, erfasst, um ein vollständiges Bild der ökologischen Nachhaltigkeit zu erhalten.

Die Forschungsarbeiten finden in 40 konventionellen und 40 ökologischen Landwirtschaftsbetrieben und 7 Versuchsbetrieben statt. Diese Betriebe bilden gemeinsam mit den beteiligten wissenschaftlichen Einrichtungen das „Netzwerk der Pilotbetriebe“ – eine in Deutschland einzigartige Struktur, um praxisnah aktuelle Forschungsthemen zu untersuchen. Mit dem Netzwerk von Pilotbetrieben wurden optimale Voraussetzungen für langfristige, systemare Forschungsarbeiten geschaffen. In der Anfangsphase des Projektes

wurden die Pilotbetriebe nach genau definierten Kriterien ausgewählt. Um ein breites Spektrum an Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen zu erfassen, wurden vier Projektregionen gebildet (Abbildung 1):

- Region Süd: Tertiärhügelland Bayerns (Marktfrucht- und Gemischtbetriebe) und Allgäu (Milchviehbetriebe),
- Region West: Niederrheinische Bucht (Marktfrucht- und Gemischtbetriebe) und Grünland dominierte Mittelgebirgsstandorte (Milchviehbetriebe),
- Region Nord: niederschlagsreiche und niederschlagsarme Diluvialstandorte der Nord- und Ostsee-Küstenregionen (jeweils Marktfrucht-, Gemischt- und Milchviehbetriebe),
- Region Ost: Lößstandorte des mitteldeutschen Trockengebiets (Marktfruchtbetriebe) und Diluvialstandorte der Altmark und des Spreewalds (Gemischt- und Milchviehbetriebe).

In den Pilot- und Versuchsbetrieben wurden Monitoring-Systeme eingerichtet (z.B. Erfassung von Bodendaten auf Dauerbeobachtungsflächen), landwirtschaftliche Produktionsprozesse untersucht, Messungen und Bilanzierungen der Kohlendioxid-, Methan- und Lachgasemissionen in der Pflanzenproduktion und Milchviehhaltung vorgenommen.

Durch die aktive Einbindung der landwirtschaftlichen Unternehmen und der Betriebsberatung in den Forschungsprozess soll der Wissenschafts-Praxis-Transfer beschleunigt und die Entwicklung von Klimaschutz-Beratungsinstrumenten unterstützt werden.

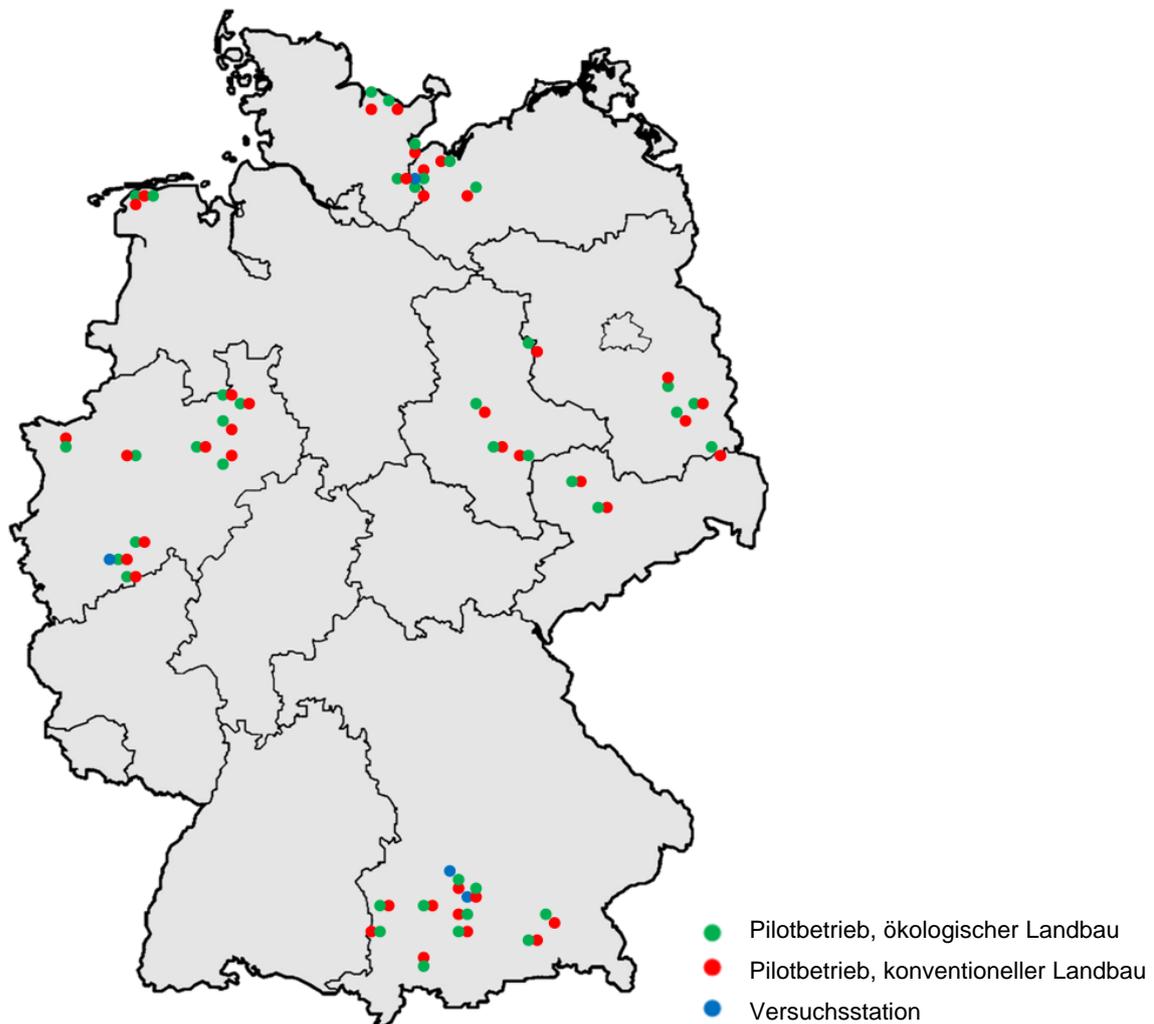


Abbildung 1: Lage der Pilotbetriebe und Versuchsstationen.

Projektziele zum Klimaschutz sind:

- die Weiterentwicklung von Methoden und Modellen zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung, die Verbesserung der Datenbasis der Modelle sowie die Modellvalidierung,
- die Analyse der Klimawirkungen landwirtschaftlicher Produktions- und Betriebssysteme des ökologischen und konventionellen Landbaus unterschiedlicher Intensität unter differenzierten Boden- und Klimabedingungen,
- die Berechnung vollständiger und detaillierter Treibhausgasbilanzen im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung unter Nutzung von Messdaten und leistungsfähigen Modellen,
- die Ableitung umsetzbarer Strategien zur Emissionsminderung auf Betriebsebene,

- die Entwicklung von Instrumenten zur Klimaschutzberatung.

Die Untersuchungen zu Klimawirkungen der Landwirtschaft sind im Projekt eng mit der Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit verbunden. Projektziele zum Nachhaltigkeitsmanagement sind:

- die Weiterentwicklung und Praxiserprobung von Nachhaltigkeitsindikatoren,
- die Analyse der ökologischen Nachhaltigkeit landwirtschaftliche Betriebssysteme des ökologischen und konventionellen Landbaus mit den Schwerpunkten Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Humuswirtschaft und Nährstoffkreisläufe,
- die Entwicklung einer Nachhaltigkeitsberatung für die landwirtschaftliche Praxis.

Die Tagungsbeiträge geben einen Überblick über die methodischen Ansätze, die Projektergebnisse und deren Relevanz für die Nachhaltigkeits- und Klimaschutzberatung. Nachfolgend werden Ergebnisse zur Energieeffizienz und THG-Flüssen im Pflanzenbau vorgestellt.

Energieeffizienz im ökologischen und konventionellen Pflanzenbau

In die Treibhausgasbilanz der Pflanzenproduktion gehen u.a. Ergebnisse der Energiebilanz (anbaubedingte CO₂-Emissionen), der Humusbilanz (C-Sequestrierung) und der Stickstoffbilanz (N₂O-Emissionen) ein. Die Emissionen werden unter Nutzung der spezifischen Treibhauspotentiale in CO₂-Äquivalente [CO₂ eq] umgerechnet, die den relativen Beitrag eines Gases zum Treibhauseffekt charakterisieren.

Eine häufig verwendete und auch von uns eingesetzte Methode der Energiebilanzierung ist die Prozessanalyse, bei der alle Inputs fossiler Energie im Produktionsprozess untersucht werden.

Der ökologische Pflanzenbau zeichnet sich durch einen geringen Einsatz fossiler Energie und geringe flächenbezogene CO₂-Emissionen aus (im Mittel unter 50 % des Energieeinsatzes und der Emissionen der konventionellen Pilotbetriebe; wesentliche Ursache: kein Einsatz von Mineral-Stickstoff und chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln). Allerdings sind auch die Erträge im ökologischen Landbau geringer; dies hat Auswirkungen auf die produktbezogenen Emissionen.

Die Analyse der flächenbezogenen Energieinputs (Abbildung 2) zeigt eine Differenzierung der Betriebe in zwei Gruppen (Low-Input-Systeme < 10 GJ ha⁻¹, überwiegend ökologischer Landbau und High-Input-Systeme > 10 GJ ha⁻¹, überwiegend konventioneller Landbau). Zwischen Energieinput und -output besteht ein Zusammenhang. Auch hohe Intensi-

täten (hoher Betriebsmitteleinsatz, intensive Anbauverfahren) können in Ertrag umgesetzt werden. Bei gleichem Energieaufwand werden sehr unterschiedliche Netto-Energieoutputs erreicht (teilweise über 100 GJ ha⁻¹ Differenz bei gleichem Input). Die Ursachen sind u.a. unterschiedliche Standort- und Ertragspotenziale, unterschiedliche Betriebsstrukturen (Anbau von Fruchtarten mit hohen Ertrags- und Energiebindungspotenzialen). Auch die Ertragsverwendung (Ernte von Nebenprodukten, z.B. Stroh) hat bedeutenden Einfluss. Einige ökologische Pilotbetriebe erzielen mit 100 bis > 150 GJ ha⁻¹ Ertragsleistungen, die das Niveau konventioneller Betriebe erreichen oder sogar übertreffen.

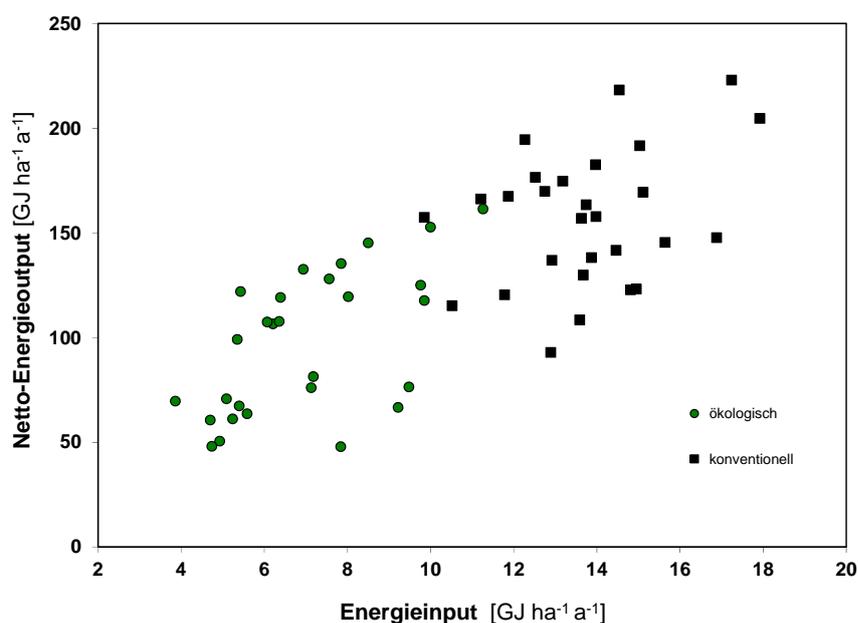


Abbildung 2: Beziehung zwischen dem Energieinput (Einsatz fossiler Energie im Produktionsverfahren) und dem Netto-Energieoutput im Pflanzenbau (Energiebindung im Pflanzenertrag).

Kohlenstoffbindung durch Humusaufbau

Unsere Untersuchungen zeigen, dass neben dem Einsatz fossiler Energie und den Lachgasemissionen die C-Sequestrierung (Humus- bzw. Kohlenstoffanreicherung von Böden) den größten Einfluss auf die Treibhausgasbilanz im Pflanzenbau hat. Hierbei ist aber zu beachten, dass das Potenzial der C-Sequestrierung mengenmäßig und zeitlich begrenzt ist; die Anreicherung erfolgt bis zur Einstellung neuer bewirtschaftungsabhängiger C-Fließgleichgewichte.

Ein positiver Wert der C-Sequestrierung (Abbildung 3) bedeutet Humusaufbau und C-Bindung (die Böden sind eine Senke für CO₂); ein negativer Wert bedeutet Humusabbau (die Böden sind eine Quelle für CO₂).

Bei den produktbezogenen CO₂-Emissionen (Abbildung 3) wurde eine enorme Schwankungsbreite festgestellt, auch aufgrund der unterschiedlichen Erträge.

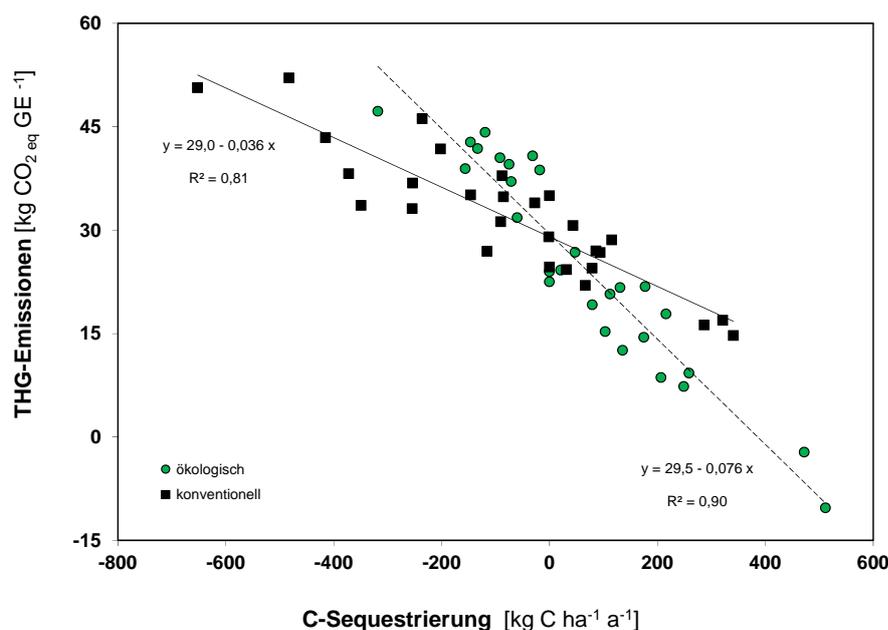


Abbildung 3: Beziehung zwischen der C-Sequestrierung (C-Bindung im Humus) und den produktbezogenen Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau.

Schlussfolgerungen und Ausblick

In den Pilotbetrieben tritt eine außerordentlich große Variabilität der Treibhausgasflüsse in Abhängigkeit von den Boden- und Klimabedingungen, den Betriebsstrukturen, den Produktionsverfahren und der Produktionsintensität auf; es gibt sehr viele sich überlagernde Einflussfaktoren auf die Treibhausgasflüsse. Die Vielfalt der Standort- und Managementeinflüsse macht generalisierende Aussagen zu systembedingten Unterschieden schwierig. Daher ist es auch notwendig, Optimierungsstrategien zur Minderung von THG-Emissionen nicht pauschal, sondern standort- und betriebsbezogen abzuleiten.

Die Landwirtschaft führt nicht nur zu THG-Emissionen, sie kann substantielle Beiträge zur Minderung des Treibhausgasausstoßes leisten. Veränderte Produktionsverfahren ermöglichen eine Reduzierung des direkten sowie indirekten Energieeinsatzes. Die Landwirt-

schaft kann durch angepasstes Management (Fruchtfolgen, Bodenbearbeitungsintensität) eine CO₂-Speicherung in Böden durch Humusaufbau erreichen.

Ein wesentlicher Ansatz zur Verbesserung der Treibhausgasbilanz im Pflanzenbau ist die Erhöhung der Stickstoffeffizienz. Besonders hohe Lachgasemissionen treten auf, wenn Düngerstickstoff ungenügend von den Kulturpflanzen ausgenutzt wird; gleichermaßen mindert eine geringe Stickstoffverwertung auch die Energieeffizienz, da die Stickstoffproduktion einen hohen Einsatz fossiler Energie erfordert.

Für die Bewertung von Treibhausgasflüssen sind neben den flächenbezogenen auch die produktbezogenen THG-Emissionen bedeutsam. Produktbezogene Emissionen können nicht nur durch Emissionsminderungen, sondern auch durch Ertragssteigerungen erreicht werden. Die nachhaltige Intensivierung von Landnutzungssystemen mit dem Ziel der Ertragssteigerung ist daher eine wichtige Strategie, um produktbezogene Emissionen zu minimieren.

Mit unseren Modellen können Ursachen hoher oder niedriger Energieeffizienz und Treibhausgasflüsse in Betrieben aufgeklärt werden. Dies kann die Grundlage für eine Klimaschutzberatung sein, die betriebsstrukturelle und verfahrenstechnische Aspekte einschließt. Um die Energie- und Treibhausgasbilanz in der Betriebsberatung optimal einsetzen zu können, muss sie in Zusammenarbeit von Wissenschaft – Beratung und Praxis weiter angepasst und vereinfacht werden. Ein praxisanwendbares Instrument der Energie- und Klimaschutzberatung sollte mit weniger Datenerfassungsaufwand auskommen, ohne die Aussagekraft deutlich zu schmälern.

Der im Netzwerk der Pilotbetriebe gewählte transdisziplinäre Untersuchungsansatz hat sich bewährt. Die aufgebauten Strukturen bieten exzellente Möglichkeiten für Forschungsarbeiten, die auf den bisherigen Untersuchungen aufbauen.

Regionale Treibhausgasflüsse in Klee-gras-Weizensystemen

Roland Fuß, René Dechow, Annette Freibauer

Problemstellung

Stickstofffixierung durch Leguminosen ist die primäre Stickstoffquelle im organischen Landbau. Überwiegend wird daher Klee-gras in die Fruchtfolge integriert, oft gefolgt von Winterweizen als Nachfrucht zur optimalen Nutzung des gebundenen Stickstoffs. Dieser Teil der Fruchtfolge (Klee-gras, Umbruch von Klee-gras mit Nachfrucht) ist hinsichtlich der Emissionen des Treibhausgases Lachgas (N_2O) aufgrund der kurzfristig stark erhöhten mineralischen Bodenstickstoffkonzentrationen als potentiell kritisch zu bewerten. Allerdings wurden Klee-grasfruchtfolgen hinsichtlich ihrer Treibhausgasemissionen bisher kaum untersucht und gerade aus Deutschland sind nur wenige Messdaten vorhanden. Daher startete im Jahr 2010 ein Forschungsvorhaben, das Treibhausgasmessungen im emissionsrelevanten Teil der Klee-grasfruchtfolgen und zum Vergleich in konventionell angebautem Winterweizen durchgeführt hat. Beteiligte Projektpartner sind die Thünen-Institute für Agrarklimaschutz und für Ökologischen Landbau, der Lehrstuhl für Organischen Landbau der TU München, das Institut für Bodenökologie des Helmholtz Zentrum München, das Institut für Organischen Landbau der Universität Bonn und das Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Universität Halle-Wittenberg. Das übergeordnete Projektziel ist die Ableitung von regional typischen Emissionsfaktoren.

Die wesentlichen Hypothesen des Projekts, überwiegend abgeleitet aus Messdaten aus konventionellen Anbausystemen und Modellrechnungen, sind:

1. Die N_2O -Emissionen nach Klee-grasumbruch sind regional stark unterschiedlich. In Süddeutschland sind die höchsten Emissionen zu erwarten, gefolgt von norddeutschen Anbaugebieten mit schweren Böden. Aufgrund der klimatischen Voraussetzungen sind im Westen (milde Winter) und Osten (trocken) nur geringe Emissionen zu erwarten.
2. Hohe N_2O -Emissionen treten nicht nur im Klee-gras (während der N-Fixierung) auf, sondern auch in der Nachfrucht nach dem Umbruch.
3. Klee-grasumbruch mit Mulch erhöht nicht nur die N-Verluste durch Nitratauswaschung sondern auch die N_2O -Emissionen.
4. Klee-grasumbruch im Frühjahr reduziert N_2O -Emissionen durch Vermeidung von Winteremissionen.

Methodischer Ansatz

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden Versuche an vier für die deutschen Klimaregionen repräsentativen Standorten angelegt, dies sind die Versuchsbetriebe Trenthorst (Nord), Wiesengut Hennef/Sieg (West), Bad Lauchstädt (Ost), Viehhausen (Süd). Die Versuchsvarianten waren:

- Kleegras mit Schnittnutzung, Herbstumbruch und Folgefrucht Winterweizen
- Kleegras mit Mulchen, Herbstumbruch und Folgefrucht Winterweizen
- Kleegras mit Schnittnutzung, Frühjahrsumbruch und Folgefrucht Sommerweizen
- Konventioneller Winterweizen (bedarfsgerechte Mineraldüngung)

Wöchentliche Gasflussmessungen wurden mit manuell betriebenen Messhauben nach Hutchinson und Mosier (1981) und Analyse an Gaschromatographen in vier Replikaten durchgeführt. Zusätzlich erfasste Begleitdaten sind Ernte und oberirdische Biomasse (einschließlich C und N), Bodentemperatur und -feuchte, extrahierbarer Stickstoff (N_{\min}) sowie Wetterdaten.



Abbildung 1: Gasflussmessung im Winterweizen auf dem Wiesengut.

Ergebnisse und Diskussion

Kornerträge des konventionellen Winterweizens lagen bei 60 bis über 90 dt/ha TM. Die ökologischen Varianten erbrachten Erträge von etwa 35 bis 55 dt/ha TM. Dementsprechend waren die Erträge um ca. 20 % bis über 50 % geringer als bei konventionellem Anbau. In Viehhausen kam es 2011 sogar zum Totalverlust durch Zwergsteinbrand (frühzeitige Biomasseernte vor der Kornreife). Zwischen den ökologischen Weizenanbauvari-

anten bestanden keine über die Standorte und Erfassungsjahre konsistenten Unterschiede. Insbesondere führte Mulchen des Kleeegrases zu keiner Ertragssteigerung gegenüber der Schnittnutzung, was auf potentiell deutliche N-Verluste hinweist. Die Schnitterträge des Kleeegrases waren regional und interannuell stark unterschiedlich und lagen im Bereich von 40 (Ost) bis fast 600 (West) kg Stickstoff/ha.

Direkte N₂O-Emissionen unterschieden sich hauptsächlich regional und interannuell und nur untergeordnet hinsichtlich der Varianten. Auf allen Standorten waren die Emissionen der organischen Anbauvarianten in der gleichen Größenordnung wie bei konventionellem Winterweizen und auf insgesamt eher mäßigem Niveau. Emissionen aus dem Klee gras unterschieden sich ebenfalls kaum hinsichtlich der Varianten. Mulchen des Klee grasses führte nicht an allen Standorten zu deutlich erhöhten Emissionen aus dem Klee gras oder der Folgefrucht Winterweizen. Die Höhe der N₂O-Emissionen aus Weizen und Klee gras war sehr ähnlich, nur am Standort Süd waren Emissionen aus Winterweizen um den Faktor 5 bis 10 höher als Emissionen aus Klee gras. Bedingt durch die klimatischen Verhältnisse und Bodeneigenschaften war der Standort Süd der einzige Standort mit ausgeprägten Winteremissionen nach Klee grasumbruch, die der Folgefrucht Weizen zugerechnet werden.

Schlussfolgerung für die Praxis und Beratung

Flächenbezogene direkte N₂O-Emissionen aus Klee gras-Weizen-Fruchtfolgen sind in Deutschland vergleichbar zu Emissionen aus konventionellem Winterweizen und insgesamt eher unproblematisch. Mulchen von Klee gras führt nicht zwangsläufig zu einer deutlichen Erhöhung des Weizenertrags gegenüber Schnittnutzung und birgt die Gefahr erheblicher N-Verluste.

Literatur

Hutchinson GL, Mosier AR (1981) Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45(2), 311-316.

Pflanzenbauliche Strategien klimaneutraler Ertrags- und Produktivitätssteigerungen

Ulrich Köpke, Daniel Neuhoff

In der Regel sind die Naturalerträge im ökologischen Landbau nahezu aller Kulturen niedriger als im konventionellen Landbau. In jedem Fall gilt es, die Ressourceneffizienz zu erhöhen, d.h. die Aufwendungen verschiedenster betrieblicher Maßnahmen in Relation zum Ertrag deutlich zu verringern (funktionelle Einheit z.B. Kilogramm CO₂ je produzierte Einheit Trockenmasse). Unter dem Terminus "ökologische Intensivierung" wird nach Wegen gesucht, wie bei Vermeidung gesteigerter Inputs ein höherer Output erreicht werden kann. Generell sind ressourcenneutrale Inputs bzw. ressourcensparende Effekte durch Sortenwahl, Anpassung der Bodenbearbeitung, Saatgutkalibrierung und -behandlung, optimiertes Düngungsmanagement (z.B. Unter-Fußdüngung) und im Feldfutterbau durch das Schnittregime denkbar. Eine betriebs- und produktspezifische Bewertung der produktbezogenen Emissionen setzt die Kenntnis von Ertrag und Qualität der erzeugten Ernteprodukte voraus.

Fallbeispiel Winterweizen

Mit dem Ziel, betriebsspezifische Aussagen über die produktbezogenen Emissionen landwirtschaftlicher Produktionssysteme treffen zu können, wurden in den Jahren 2009 und 2010 bundesweit 80 landwirtschaftliche Betriebe in den Regionen Süd, Ost, Nord und West untersucht. Korn- und Stroherträge sowie die Nährstoffgehalte der Winterweizenbestände wurden in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftungsweise (ökologisch / konventionell) ausgewertet. Dabei zeigten sich wie erwartet für den konventionellen Anbau deutlich höherer Erträge für die Region Nord. Im ökologischen Landbau ergaben sich hingegen teilweise höhere Erträge für die Betriebe der Region West. Das unterschiedliche Ertragsniveau einzelner Sorten konnte an verschiedenen Standorten nachgewiesen werden.

Auf Grundlage der erhobenen Daten wurden auf sechs ökologisch wirtschaftenden Betrieben dieser Region faktorielle Feldversuche durchgeführt. Ziel war es, betriebsspezifisch die Möglichkeit einer Ertragssteigerung durch Erhöhung der Pflanzengesundheit mittels einer Saatgutbehandlung mit *Pseudomonas chlororaphis* zu untersuchen. Für Bakterien der Gattung *Pseudomonas spp.* wurde mehrfach eine Wirksamkeit gegenüber bodenbürtigen Schaderregern nachgewiesen (Johnsson et al. 1998, Hökeberg et al. 1997). Neben ihrer antagonistischen Wirkung können *Pseudomonas spp.* zudem allgemein wachstumsfördernd auf die inokulierten Kulturpflanzen wirken. Für *Pseudomonas*

chlororaphis wurde sowohl eine ausgeprägte Wirksamkeit gegenüber pilzlichen Schaderregern als auch eine ertragssteigernde Wirkung bei Getreide nachgewiesen.

Neben vier einfaktoriellen Versuchen wurden an zwei Standorten besonderer Weizensteinbrandproblematik (*Tilletia caries*) zweifaktorielle Versuche unter zusätzlicher Verwendung der speziell für den ökologischen Landbau gezüchteten steinbrandresistenten Winterweizensorte ‚Butaro‘ angelegt. An den Standorten Alpen (51°35′ N 6°28′ O; +2,9 dt ha⁻¹), Soest (51°37′ N 8°04′ O; +2,8 dt ha⁻¹) und Rüthen (51°27′ N 8°23′ O; +1,4 dt ha⁻¹) wurde zwar eine geringfügige Steigerung des Kornertrages durch Behandlung des betriebsspezifischen Saatgutes mit *Pseudomonas chlororaphis* erzielt. Signifikante Ertragsteigerungen wurden jedoch in keinem der faktoriellen Feldversuche festgestellt.

Fallbeispiel Feldfutterbau - Grünland

In dem in den USA weit verbreiteten Lehrbuch von Gardner et al (1985) findet sich die Grafik einer Quelle von Brougham (1956) mit der dargestellt wird, dass sich Ertragsvorteile für Futterbaubestände dann ergeben können, wenn durch hohen Schnitt und das Belassen einer hohen Restblattfläche der Bestand rasch wieder in den Bereich linearen Ertragszuwachses gelangen kann, Mobilisierung von Assimilaten aus Reserveorganen bei Tiefschnitt vermieden und somit ein hoher Schnitt in Kombination mit vergleichsweise kurze Schnittintervallen zu kumulativ höheren Sprossmasseerträgen führen kann.

Untersucht wurde, ob die Darstellungen von Brougham bestätigt werden können und mit einem höheren Schnitt und kürzeren Schnittintervallen nicht nur der kumulative Sprossertrag sondern auch die Qualität der Sprossmasse – differenziert nach Klee- und Graskomponente – beeinflusst werden kann.

Entsprechend wurden drei Hypothesen verfolgt, mit den Schnittvarianten zweiwöchentlicher Schnitt auf 12 cm Restsprosshöhe, vierwöchentlicher Schnitt auf 10 cm sowie sechswöchentlicher Schnitt auf 6 cm Restsprosshöhe:

1. wurde vermutet, dass durch ein verkürztes Schnittintervall in Verbindung mit der Anhebung der Schnitthöhe und dem Belassen eines höheren Restsprosses ein höherer kumulativer Trockenmasseertrag des Klee grasbestandes erreicht werden kann;
2. die Ertragsbildung der Bestände durch die Entwicklung des Blattflächenindex gesteuert wird; d.h. bei Belassen höherer Restblattfläche ein höherer Blattflächenindex zu höheren Zuwachsraten und dem rascheren Wiedererreichen linearen Ertragszuwachses führt;
3. als Folge des verkürzten Schnittintervalls und der Anhebung der Schnitthöhe ein positiver Effekt auf die Qualität der Sprossmasse feststellbar ist, und mögliche ertragliche Effekte durch höhere Qualität kompensiert werden können.

Festgestellt wurde, dass bei größerer Schnitthöhe und dem Belassen einer höheren Restsprossmasse zwar der Blattflächenindex größer ist als nach tieferem Schnitt, er aber aus physiologisch älteren, zum Teil schon seneszenten Material besteht, das hinsichtlich seiner Photosyntheseleistung den Leistungen jüngerer Blätter/Sprosssteile nachsteht. Insbesondere für die Gräser lässt sich feststellen, dass mit einem tieferen Schnitt die Bestockung gesteigert wird und vornehmlich jüngeres Spross- und Blattmaterial - zu höheren Photosyntheseleistungen befähigt - die Ertragsbildung bestimmt. Entsprechend geringer sind die Energieerträge bei Hochschnitt mit kürzeren Schnittintervallen. Diese Varianten unterdrücken die Bestockung d.h. Bildung neuer photosynthetisch hochaktiver Triebe und verringern zugleich den Kleeanteil d.h. damit die symbiotische Stickstofffixierung somit eine wesentliche im ökologischen Landbau entscheidende Ressource.

Einmal mehr wird deutlich, dass die alleinige Angabe des Blattflächenindex - wenngleich präzisiert mit dem Blattflächenindex basierend auf grünen photosynthetisch aktiven Blättern - für eine Abschätzung von Photosyntheseleistung und Ertragszuwachs nicht hinreichend ist. Es ist auch der physiologische Zustand, d.h. die Verjüngung des Bestandes durch tiefen Schnitt, der Triebdichte und Qualität der Sproßmasse insbesondere mit Blick auf die Energiedichte fördert.

Allenfalls für den ersten Schnitt könnten die Darstellungen von Brougham im Lehrbuch von Gardner et al. gültig sein. Dieserhalb sind weitere Untersuchungen nötig. Die festgestellten anfänglichen Vorteile einer erhöhten Lichtinterzeption bei höherem Schnitt und kürzerem Schnittintervall könnte ein verbleibender Ansatz für eine „ökologische Intensivierung“ sein, wenn sich in Folgeuntersuchungen die festgestellten positiven Effekte einer einmaligen Anhebung der Schnitthöhe zum ersten Schnitt bestätigen lassen. Dann könnte möglicherweise ein höherer erster Schnitt mit anschließendem Kurzrasenmanagement zu einer effizienten ökologischen Intensivierung kombiniert werden.

Literatur

Brougham R (1956) Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research* 7:377-378

Gardner F, Pearce R, Mitchell R (1985) *Physiology of crop plants*. Iowa State, USA: Iowa State Press, 327 S.

Hökeberg M, Gerhardson B, Johnsson L (1997) Biological control of cereal seed-borne diseases by seed bacterization with greenhouse-selected bacteria. *European Journal of Plant Pathology* 103:25-33

Johnsson L, Hökeberg M, Gerhardson B (1998) Performance of the *Pseudomonas chlororaphis* biocontrol agent MA 342 against cereal seed-borne diseases in field experiments. *European Journal of Plant Pathology* 104:701-711

Bewertung des Bodengefüges von Ackerflächen der Pilotbetriebe und Schlussfolgerungen zur nachhaltigen Bodennutzung

Eva Höhne, Jan Rücknagel, Olaf Christen

Problemstellung

Ziel dieses Teilprojektes ist die Beschreibung und Quantifizierung von Zusammenhängen zwischen ausgewählten Methoden der visuellen Gefügebewertung und bodenmechanischen sowie -physikalischen Laborkennwerten. Aus diesen Beziehungen sollen Bereiche abgeleitet werden, in denen die Mindestanforderungen an den physikalischen Bodenzustand gewährleistet sind. Darüber hinaus wird der Frage nachgegangen, welche der visuell erfassten Einzelparameter innerhalb der verwandten Boniturmethode besonders relevant für die bodenmechanischen und -physikalischen Laborkennwerte sind. Das Netzwerk von ökologischen und konventionellen Pilotbetrieben im Projekt „Klimawirkung und Nachhaltigkeit von Landbausystemen“ erlaubt zudem eine Gegenüberstellung der Bodengefügezustände in beiden Anbausystemen auf Basis von definierten Bodenartengruppen.

Methodischer Ansatz

Es erfolgte eine Beprobung mit Stechzylindern in der Ackerkrume und dem krumennahen Unterboden auf 25 Ackerflächen (10 konventionell und 10 ökologisch bewirtschafteten Praxisflächen ergänzt durch 5 Feldversuchsflächen) in verschiedenen Regionen Deutschlands. Aus allen Bodenartengruppen waren Standorte vertreten. Parallel dazu wurde das Bodengefüge mit zwei Boniturmethode (Packungsdichte nach DIN 19682 (2007) und Spatendiagnose nach Diez (1991)) und ihren einzelnen Parametern (Wurzelverteilung, Makroporen, Aggregatgröße, Lagerung der Aggregate, Gefügeart und Verfestigungsgrad, mechanischer Widerstand) im Feld erfasst. Die Ergebnisse werden den bodenphysikalischen Messwerten der Trockenrohdichte, effektiven Lagerungsdichte, Luftkapazität, gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) und der mechanischen Vorbelastung (-6 kPa Wasserspannung) gegenübergestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Für die einzelnen Bodenartengruppen lassen sich spezifische Einzelmerkmale identifizieren, die insgesamt besonders gut mit den physikalischen und mechanischen Laborwerten korrelieren. So ist bei Lehmböden besonders auf die Aggregatgröße, die Lagerung der Aggregate zueinander und auf den Verfestigungsgrad zu achten. Die Wurzelverteilung ist

auf Sandböden das bedeutendste Einzelmerkmal. Auf Schluffböden sollte das Hauptaugenmerk auf der Lagerung der Aggregate, der Wurzelverteilung und dem Verfestigungsgrad liegen. Bei Tonböden ist die Bedeutung der einzelnen Gefügemerkmale wesentlich ausgeglichener. Hier sollte allen Parametern Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Gefügeform ist auf allen Standorten ein wichtiges Merkmal. Bei Boniturnote 3 werden nach beiden Schemata auf den meisten Standorten die Mindestanforderungen gemessen an physikalischen Laborwerten noch hinreichend gut erfüllt. Ausgenommen sind hierbei die Lehm Böden, bei denen die Mindestansprüche an den bodenphysikalischen Zustand bei Note 3 nicht mehr vollständig realisiert werden.

Ein Vergleich der bodenphysikalischen und -mechanischen Laboranalysen zwischen den ökologischen und konventionellen Bewirtschaftungssystemen der Testbetriebe zeigt lediglich bei Lehm- und Tonböden einzelne und uneinheitliche Differenzierungen in der Ackerkrume. Im Bereich des krumennahen Unterbodens konnten keine Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen gefunden werden. Auch die auf weiteren 40 ökologisch und 39 konventionell bewirtschafteten Flächen des PilotbetriebeNetzwerkes durchgeführte Feldbonitur mittels Spatendiagnose kam zu einem ähnlichen Ergebnis.

Schlussfolgerung für die Praxis und Beratung

Die Spatendiagnose erwies sich insgesamt als ein praktisches Instrument des physikalischen Bodenschutzes, das eine breite Anwendung erlaubt und aufwändige Laboruntersuchungen einzusparen hilft. Mit beiden hier untersuchten Schemata ist der Nachweis von Bodenschadverdichtungen beziehungsweise die Bewertung des Gefügezustandes gut möglich, obwohl sie den Schwerpunkt der Beurteilung auf unterschiedliche Einzelparameter legen. Sie kommen sogar zu ähnlichen Spannen für die physikalischen Bodenparameter bei gleicher Boniturnote. Eine Anpassung der Boniturschemata an differenzierte Standortbedingungen würde deren Genauigkeit vermutlich weiter verbessern.

Die Untersuchungen auf den konventionellen und ökologischen Ackerflächen geben Hinweise darauf, dass die strukturfördernden Maßnahmen in der ökologischen Bewirtschaftungsweise, z.B. Anbau von Leguminosen und Förderung der organischen Bodensubstanz, durch andere systemtypische Verfahren, z.B. mechanische Unkrautregulierung, verstärkter Anbau von Sommerungen und allgemein die höhere Anzahl an Überfahrten, nivelliert werden.

Literatur

Diez T (1991) Beurteilung des Bodengefüges im Feld - Möglichkeiten, Grenzen und ackerbauliche Folgerungen. Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. Band 2, Bodengefüge. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. 94-103.

DIN 19682-10 (2007) Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau – Felduntersuchungen – Teil 10 Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges.

Energie- und Treibhausgasbilanzierung der ökologischen und konventionellen Milchviehhaltung – Einfluss von Futtererzeugung, Leistung und Haltungsbedingungen

Helmut Frank, Harald Schmid, Kurt-Jürgen Hülsbergen

Die Landwirtschaft und speziell die Milchviehhaltung tragen maßgeblich zu den Treibhausgas-(THG)-Emissionen bei. Im Sinne einer nachhaltigen Landwirtschaft besteht eine Notwendigkeit zur Reduzierung der THG-Emissionen aus der Milchviehhaltung. Bislang fehlten aber vollständige THG-Bilanzen der Milchviehhaltung auf einzelbetrieblicher Ebene in Deutschland. Oft werden nur einzelne Emissionsquellen berücksichtigt, eine gesamtbetriebliche Betrachtung und der Einsatz fossiler Energie fehlen. Bislang lag keine Methode zur Ermittlung des fossilen Energieeinsatzes und Berechnung der damit verbundenen THG-Emissionen vor, die in einer großen Zahl von Praxisbetrieben anwendbar ist. Im Rahmen des Projekts „Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von ökologischen und konventionellen Betriebssystemen - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben“ wurde ein Modell entwickelt, das die Berechnung vollständiger Energie- und THG-Bilanzen der Milchviehhaltung auf einzelbetrieblicher Ebene ermöglicht.

Die entwickelte Methodik basiert auf dem Modell REPRO. Grundlage ist die Energiebilanz als Prozessanalyse. Hierbei werden alle Inputs durch den direkten Energieeinsatz im landwirtschaftlichen Betrieb (Kraftstoffe, Strom) und den indirekten Energieeinsatz im Vorleistungsbereich (Energieeinsatz zur Herstellung von Betriebsmitteln, Gebäuden und Maschinen, etc.) berücksichtigt. Diese werden für die Bereiche eigenbetriebliche Futtererzeugung, Futterzukauf, Futterlagerung, Haltungssystem, Entmistung und Düngerlagerung, Nachzucht und Milchgewinnung erfasst. Auf dieser Grundlage werden die mit dem Einsatz fossiler Energie verbundenen THG-Emissionen berechnet. Die Lachgasemissionen aus Böden und Emissionen durch die C-Vorratsänderung von Böden, die Methanemissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer sowie die THG-Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngerlager Teil der THG-Bilanz. Die Produkte Milch und Fleisch werden mittels einer physikalischen Allokation berücksichtigt. Das Modell kam in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben zum Einsatz.

Der fossile Energieeinsatz je kg Milch ist in den ökologischen Betrieben im Mittel rund 20 % geringer als in den konventionellen Betrieben. In beiden Produktionssystemen besteht aber eine große Variabilität zwischen den einzelnen Betrieben, so dass sich der produktbezogene Energieeinsatz der ökologischen und konventionellen Betriebe nicht signifikant unterscheidet. Die größten Energieinputs sind die Futtererzeugung, die Nachzucht und die Milchgewinnung. Während es beim eigenbetrieblich erzeugten Futter nur geringe Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben gibt, unter-

scheiden sich die Betriebssysteme deutlich im Futterzukauf, der in den konventionellen Betrieben einen hohen Energieinput verursacht. Auch die Nachzucht bringt einen hohen Energieeinsatz mit sich; dieser hängt maßgeblich von der Nutzungsdauer der Milchkühe, dem Erstkalbealter und der Aufzuchtintensität ab. Insgesamt nimmt der produktbezogene Energieeinsatz mit zunehmender Milchleistung leicht ab. Der höhere Anspruch an die Futterqualität bei hoher Milchleistung führt aber dazu, dass sich der Energieeinsatz je kg Milch in den konventionellen Betrieben mit mittlerer und hoher Milchleistung nicht unterscheidet.

Die produktbezogenen THG-Emissionen je kg Milch sind in den ökologischen Betrieben etwas geringer als in den konventionellen Betrieben, auch hier gibt es große einzelbetriebliche Unterschiede, weshalb kein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt. Bei gleicher Milchleistung liegen die THG-Emissionen der ökologischen Betriebe etwa 10 - 20 % niedriger. Die größte Emissionsquelle stellen die Methanemissionen aus der Verdauung der Milchkühe dar. Ihre Höhe wird maßgeblich von der Fütterung und dem Milchleistungsniveau beeinflusst. An zweiter Stelle stehen die THG-Emissionen aus der Futtererzeugung, wobei hier der Gestaltung der Futtermittel eine entscheidende Bedeutung zukommt. Mit steigender Milchleistung nehmen die Emissionen aus der Futtererzeugung zu (mehr Kraffuttereinsatz). Dies gleicht die mit steigender Milchleistung sinkenden Methanemissionen teilweise aus; die Gesamtemissionen zeigen daher einen degressiven Verlauf (Abbildung 1).

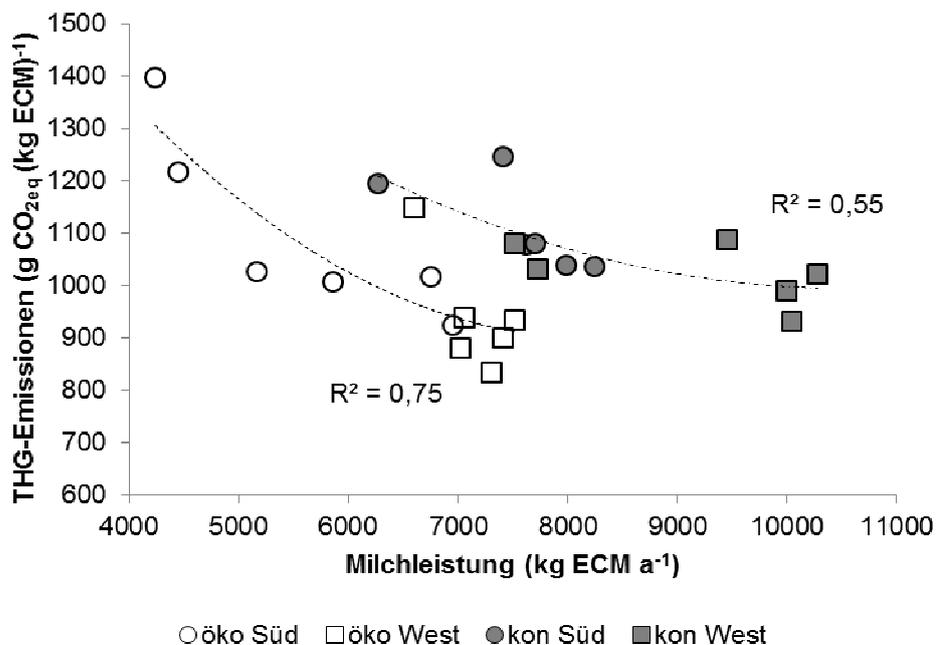


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen je kg Milch in Abhängigkeit von der Milchleistung.

Eine alleinige Steigerung der Milchleistung ist also nicht ausreichend, um die Energieeffizienz zu verbessern oder THG-Emissionen zu verringern. Deshalb sind hier differenziertere Ansätze notwendig, die sich an den einzelbetrieblichen Bedingungen orientieren. Wesentliche Optimierungspotenziale in der Milchproduktion liegen in der Futtererzeugung. Hier führen der Einsatz von Weidegras und eine grundfutterbasierte Ration zu geringeren THG-Emissionen. Die Erzeugung von Kraftfutter oder Zukauffuttermitteln wie Sojaextraktionsschrot ist mit höheren THG-Emissionen im Anbau und Transport verbunden. Eine standortgebundene und standortangepasste Futtermischung ist meist die klimafreundlichste. Weitere Minderungspotenziale bestehen in einem optimierten Nachzuchtmanagement mit einer Verbesserung des Erstkalbealters und der Nutzungsdauer der Milchkühe. Da sich alle diese Einflussfaktoren teils gegenseitig beeinflussen, ist stets eine einzelbetriebliche Betrachtung und Analyse erforderlich, auf deren Grundlage Optimierungs- und Minderungsstrategien entwickelt werden können.

Treibhausgasemissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdüngern - gibt es eindeutige Aussagen?

Hans Marten Paulsen, Franziska Schulz, Sylvia Warnecke, Britta Blank, Dagmar Schaub,
Gerold Rahmann

Problemstellung

Bisher ist unklar, ob ökologisch und konventionell wirtschaftende Milchviehbetriebe systembedingte Unterschiede in den Emissionen von Treibhausgasen (THG) aufweisen. Bei der Milchproduktion stammt ein Großteil der THG-Wirkung aus der Methanbildung bei der Verdauung der Milchkühe sowie aus Methan- und Lachgasemissionen des Wirtschaftsdüngermanagements. Daher werden in diesem Beitrag nur für diese beiden Emissionsquellen die Auswirkungen aktuell gebräuchlicher Modellansätze auf die Rechenergebnisse untersucht. Die Emissionen der Futtermittelerzeugung und der Nachzucht sowie in der Vorkette der Produktion fließen nicht in die Berechnungen ein. Weiterhin werden Unterschiede der 44 Pilotbetriebe in wichtigen Begleitparametern, die das Ergebnis der THG-Wirkung der Milchproduktion beeinflussen können, analysiert.

Methodischer Ansatz

In den Jahren 2008 bis 2010 wurden die Futtrationen und Haltungsbedingungen der Milchkühe sowie das Wirtschaftsdüngermanagement durch Betriebsleiterbefragungen auf den Pilotbetrieben erfasst. Bei der Fütterung wurde zwischen Sommer- und Winterration sowie zwischen trockenstehenden und laktierenden Tieren (ggf. auch Leistungsgruppen) unterschieden. Die Daten zur Leistung, Herdengröße und -zusammensetzung wurden der Milchleistungsprüfung (Gruppenmittelwerte) bzw. dem Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere entnommen oder bei Betriebsbesuchen festgestellt. Alle eingelagerten Futtermittel, Weidegras jeweils vor der ersten Nutzung und Wirtschaftsdünger auf den Betrieben wurden auf Nährstoffe und emissionswirksame Komponenten analysiert. Die Betriebsangaben zur Fütterung wurden unter Berücksichtigung des ermittelten Futterwertes dem Energiebedarf der Tiere nach GfE (2001) gegenübergestellt und die Rationen ggf. korrigiert. Die mittleren Jahresrationen für die Milchviehherden wurden aus der Sommer- und Winterration unter Berücksichtigung der Weidetage, der Trockenstehdauer und der Zwischenkalbezeit berechnet. Für diese Zusammenstellung wurde die im Durchschnitt gefundene längere Nutzungsdauer der Tiere in ökologischen als in konventionellen Betrieben nicht berücksichtigt. Für alle Betriebe wurden die Methan-Emissionen aus der Verdauung der Milchkühe mittels der Formeln von Kirchgeßner et al. (1994) und Ellis et al. (2007, Gleichung [2d]) berechnet. Dabei basiert letztere nur auf der mit dem Futter

aufgenommenen Menge an Trockensubstanz (TS), während erstere mit der täglichen Aufnahme an Rohnährstoffen (Rohfaser, stickstofffreie Extraktstoffe, Rohprotein, Rohfett) arbeitet. Weiterhin wurden am Beispiel von sechs Betrieben die Ergebnisse des Programmes REPRO (Hülsbergen 2003) - Grundmodell für die gesamtbetrieblichen Vergleiche im Projekt - mit denen aus dem Modell Gas-EM (Haenel et al. 2012), das für die internationalen Berichte über die deutschen THG-Emissionen verwendet wird, verglichen. Für alle Betriebe wurden auch die potentiellen THG-Emissionen aus den gemessenen chemischen Zusammensetzungen der Wirtschaftsdünger und ihrer Lagerungsform sowie die emissionsrelevanten Ausscheidungen der Milchkühe berechnet. Die Futterrationen sowie Haltungsfaktoren wie Einstreumaterial, Weidegang und die Aufenthaltsdauer der Tiere im Melkstand gingen hierbei ein.

Ergebnisse und Diskussion

Die auf den Betrieben im Interview ermittelten Futtermengen stimmten in der Regel nicht mit den für die Herdenmilchleistung rechnerisch notwendigen Mengen überein, wenn die analysierten Futterqualitäten oder auch Standardfutterqualitäten berücksichtigt wurden. Die tatsächlich vorgelegte und aufgenommene Futtermenge konnte so auf den Betrieben nicht eindeutig identifiziert werden. Die Futtermengen mussten daher für die THG-Modellierung angepasst werden. Der für die Betriebsvergleiche im Projekt verwendete Ansatz von REPRO nutzt dabei neben Rohprotein- und Energiegehalten als zusätzliche Prüfgröße die verfügbaren Futtermengen aus den Ernteschätzungen und addiert einen Standardfuttermittelferlust von 10 % auf die Ration, der ebenfalls in die verdauungsbedingten Emissionen eingeht. Bei den Berechnungen mit dem Milchviehmodul von Gas-EM wird die Rationszusammensetzung aus den Futterqualitäten nur passend zur Milchmenge errechnet. Bei sechs hierfür im Detail analysierten Betrieben lagen die mit REPRO ermittelten Gesamtfuttermengen im Mittel um 7 % höher (+31 bis -5,8 %) als die mit Gas-EM berechneten Werte.

Bei der Berechnung der Methan-Emissionen aus der Verdauung bestimmen nach Ellis et al. (2007) (REPRO) allein die Trockensubstanz-(TS)-Aufnahme der Tiere, bei der Bewertung nach IPCC (1996) (Gas-EM) nur die aufgenommene Gesamtenergie (GE) über das Ergebnis. So weisen Betriebe mit vergleichbarem mittlerem Futteraufnahmeniveau der Tiere trotz unterschiedlicher Rationsgestaltung nahezu identische Methan- und somit THG-Emissionen pro Tier und Jahr auf. Beim Vergleich von Betrieben mit ähnlich hoher durchschnittlicher Milchleistung zeigen sich dann in der Regel auch ähnliche Werte bei der produktgebundenen THG-Emission pro kg Milch (energiekorrigiert, ECM). Da sich für die Modellierung und Verifizierung der Ration die Futtermenge stets an der gefundenen Milchleistung orientiert, ist bei ähnlicher Milchleistung auch stets eine ähnliche TM- bzw. GE- Aufnahme zu erwarten. Ob dies den tatsächlichen Realitäten entspricht ist unklar.

Dies gilt zwar auch bei der Verwendung der Schätzformel von Kirchgeßner et al. (1994), aber hier wird auch die Nährstoffzusammensetzung der Ration, die je nach Einsatz einzelner Futtermittel und deren Qualitäten unterschiedlich sein kann, berücksichtigt. Wichtigster Faktor der Methan-Produktion ist dabei die Aufnahme an Rohfaser. Beispielsweise führt die Verdauung von 1 kg TS Heu dann zu einer höheren Methan-Produktion, als 1 kg TS Maissilage. Betriebe, welche ihren Tieren im Jahresmittel einen hohen Anteil an rohfaserreichen Futtermitteln wie Heu und Stroh vorlegen, zeigen dann eine höhere THG-Emission pro Tier und Jahr aus der Verdauung. Generell erhöhte der Einbezug diätischer Werte unabhängig von der Bezugsgröße (tier- oder produktbezogen) die absoluten Ergebnisse für die THG-Emissionen.

Die nach Kirchgeßner et al. (1994) bzw. Ellis et al. (2007) berechneten produktbezogenen THG-Emissionen aus der Verdauung der Tiere von ökologischen und konventionellen Betriebe überlappten in einem Bereich zwischen 0,39 und 0,65 bzw. 0,35 und 0,42 kg CO₂-Äquivalente pro kg ECM, bei Milchleistungen zwischen 5674 und 10278 kg ECM pro Tier und Jahr. Im Überlappungsbereich der Milchleistung der Betriebsformen - zwischen 6593 und 9185 kg ECM pro Tier und Jahr - ergaben sich THG-Emissionen zwischen 0,39 und 0,56 bzw. 0,35 und 0,43 kg CO₂-Äquivalente pro kg ECM. Generell wurde deutlich, dass die produktbezogenen THG-Emissionen aus der Verdauung mit steigender Milchleistung abnehmen. Energiereiche Futtermittel in der Ration wie Maissilage, welche die Milchleistung erhöhen, reduzieren die produktbezogenen THG-Emissionen. Diese Zusammenhänge waren bei der Bewertung der Betriebe sowohl mit dem Ansatz von Kirchgeßner et al. (1994) als auch dem von Ellis et al. (2007) erkennbar, da die Betriebe mit Maissilagefütterung in der Regel auch höhere Milchleistungen aufwiesen. Dagegen hatte der Faktor Weidegang, der auf ökologischen Betrieben immer, auf konventionellen nur zum Teil angeboten wurde, keinen übergeordneten Einfluss auf die Methan-Emissionen aus der Verdauung. Es wird deutlich, dass für eine gesamtbetriebliche Bewertung der Milchproduktion die THG-Emissionen z.B. für die Futtererzeugung und der Vorketten aber auch die Berücksichtigung tierbezogene Parameter unabdingbar sind. Der detaillierte Einbezug der Nährstoffzusammensetzung der Ration bei der Berechnung nach Kirchgeßner et al. (1994) führte zu einer deutlicheren Differenzierung der Betriebe bezüglich ihrer THG-Emissionen. Die Besonderheiten von Betrieben werden so besser berücksichtigt. Allerdings entstehen dafür ein höherer Datenbedarf und auch höhere Risiken durch Fehleinschätzungen durch eine ungenaue Erfassung der Futtermittelqualitäten.

Auch anhand der auf den Milchviehbetrieben erhobenen Daten zur Zusammensetzung und Lagerung von Wirtschaftsdüngern wurde ersichtlich, dass die daraus emittierende Menge an THG unabhängig vom Betriebssystem und betriebsindividuell ist. Aus den Werten zur Zusammensetzung und Lagerung und üblichen Rechenansätzen ergab sich folgerichtig, dass die THG-Emissionen bei der Flüssigmistlagerung überwiegend durch Methan bedingt sind. Bei der Festmistlagerung - Festmist ist auf ökologischen Betrieben verbreite-

tet - stammen größere Anteile der THG-Wirkung auch aus direkten Lachgasemissionen. Heute gängige Emissionsfaktoren haben z.B. beim Wirtschaftsdüngermanagement Unsicherheitsbereiche von $\pm 20\%$ für Methan und von -50 bis $+100\%$ für die direkten Lachgas-Emissionen (IPCC, 2006). Da der Wirtschaftsdüngeranfall auf Betrieben in der Regel ebenfalls nicht sehr exakt erhoben werden kann, wurden die emissionsrelevanten Ausscheidungen der Tiere aus Futteraufnahme und Rationszusammensetzung zusätzlich nach der Methode von Gas-EM berechnet. Sie sind dann verhältnismäßig genau zu ermitteln ($\pm 10\%$). Auch hier waren keine systembedingten Unterschiede zwischen konventionellen und ökologischen Pilotbetrieben festzustellen.

Schlussfolgerung für die Praxis und Beratung

Für die wirklichkeitsnahe Kalkulation der THG-Emissionen aus der Fütterung und dem Wirtschaftsdüngermanagement ist die exakte Abbildung der Futterzusammensetzung, -mengen und -inhaltsstoffe auf den Betrieben ein entscheidender Faktor. Dies ist aber auf landwirtschaftlichen Betrieben kaum in allen Details zu erreichen. Daher müssen - wie im Gesamtprojekt realisiert- um Betriebsvergleiche durchzuführen, in jedem Fall einheitliche Modellierungsmethoden angewandt und dokumentiert werden. Unabhängig von der Methode zur Ermittlung der verdauungsbedingten Methanemissionen und unabhängig von „konventionell“ oder „ökologisch“, zeigte sich auf den Pilotbetrieben: Um THG-Emissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdüngern bei der Milchproduktion produktbezogen zu vermindern, muss durch die Erzeugung und Nutzung energiereicher Futtermittel eine möglichst hohe Milchleistung erzielt werden. Dies ist mit verschiedenen Fütterungsstrategien möglich. Ziel muss es dabei sein, dies mit minimalen direkten und indirekten THG-Emissionen in der Futterkette zu erreichen. Auf jeden Fall sind für eine gute Klimabilanz „Höchstleistungen“ der Tiere nicht unbedingt erforderlich. Auch die Emissionen aus dem Management von Wirtschaftsdüngern sind betriebsspezifisch. Sie können durch technische und organisatorische Maßnahmen, wie Abdeckung von Lagern, Biogasgewinnung, Ausbringungstechniken und -zeitpunkte verringert werden. Eine gezielte Förderung besonders effizienter Maßnahmen in der Praxis ist angezeigt. Neben der Bewertung der THG-Wirkung der Milchproduktion sollten die Nutzungsdauer der Tiere, Weidegang und Tiergesundheit auch unter dem Aspekt des Tierwohls und der Weidegang auf Grünland auch unter dem Aspekt Nahrungsmittelkonkurrenz zum Menschen nicht unberücksichtigt bleiben.

Literatur

- Ellis JL, Kebreab E, Odongo NE, McBride BW, Okine EK, France J** (2007) Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *J Dairy Sci* 90(7):3456-3466
- GfE** (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder 2001. Frankfurt am Main: DLG-Verlag, 136 S, ISBN 3-7690-0591-0
- Haenel HD, Röseman C, Dämmgen U et.al.** (2012) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990-2010: report on methods and data. vTI Agriculture and Forestry Research - Sonderheft 394 S
- Hülsbergen KJ** (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Aachen: Shaker-Verlag, 292 p
- IPCC** (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 3. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell
- IPCC** (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan
- Kirchgeßner M, Windisch W, Müller HL** (1994) Methane release from dairy cows and pigs. In: Proc. 13th Symposium on Energy Metabolism of Farm Animals (ed. Aguilera JF) 399-402; EAAP Publ. 76, Spain

Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Milchproduktionssysteme – Einflussfaktoren und CO₂-Vermeidungskosten

Monika Zehetmeier, Alois Heißenhuber

Die vom Wiederkäuer emittierten Treibhausgase (THG) führen aus Gründen des Klimaschutzes zu einer intensiven Diskussion. So wird die Frage gestellt, inwieweit die Höhe der THG-Emissionen in der Milchviehhaltung verringert werden kann. Dabei wird häufig die Höhe der Einzeltierleistung (Milchleistung pro Kuh) diskutiert. Die Sachverhalte sind nicht zuletzt deshalb sehr komplex, weil die Milchkühe Milch und Fleisch erzeugen und außerdem dazu in der Lage sind, aus Grünlandaufwuchs und für den Menschen nicht nutzbaren Nebenprodukten der Nahrungsmittelerzeugung Lebensmittel zu erzeugen. Bei der Untersuchung und Beurteilung unterschiedlicher Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen in der Milchproduktion müssen unterschiedliche Systemgrenzen und Kriterien berücksichtigt werden, um mögliche Verschiebeeffekte zu vermeiden. Im folgenden Beitrag werden die genannten Zusammenhänge am Beispiel eines Vergleichs von Milchviehbetrieben unterschiedlicher Milchleistung und Rasse erläutert.

1. Systemgrenze Milchviehbetrieb

In spezialisierten Milchviehbetrieben stellt Milch den wichtigsten Output dar. Nicht zur Nachzucht benötigte Kälber werden je nach Produktionssystem im Alter von 2 bis etwa 8 Wochen an spezialisierte Mastbetriebe verkauft.

Innerhalb der Systemgrenzen eines Milchviehbetriebs scheint der Zusammenhang zwischen Milchleistung und Höhe der THG Emissionen eindeutig. Mit steigender Milchleistung sinkt die je Kilogramm Milch anzusetzende Menge an THG. Dies zeigt sich sowohl in Modellberechnungen (Zehetmeier et al. 2012) als auch bei der Auswertung von Praxisbetrieben unterschiedlicher Milchviehrassen und Leistungshöhe. Die Auswertung von Praxisbetrieben zeigte zudem, dass neben der Milchleistung die Höhe der Nutzungsdauer der Milchkühe, die Futtereffizienz sowie der N-Einsatz pro ha im Futterbau zur Erklärung der Variabilität der THG Emissionen von Praxisbetrieben beitragen.

2. Erweiterte Systembetrachtung

Rindfleisch von Altkühen sowie der Ausmast nicht zur Nachzucht benötigter Kälber in Rindermastbetrieben stellt ein wichtiges Koppelprodukt der Milchviehhaltung dar, welches durch Maßnahmen in der Milchviehhaltung beeinflusst wird. So verringert sich beispielsweise bei einer Erhöhung der Milchleistung die Anzahl der Kälber pro kg Milchoutput und

somit der Output an Rindfleisch. Auch die Milchviehrasse und die Nutzungsdauer der Milchkühe haben einen Einfluss auf die Produktion von Rindfleisch. Dabei muss berücksichtigt werden, dass ein Rückgang der Produktion von Rindfleisch aus der Milchviehhaltung c.p. zu einem Anstieg der Produktion von Rindfleisch aus der Mutterkuhhaltung führen kann. Die Reduktion von THG-Emissionen in der Milchviehhaltung kann daher zu einer Erhöhung von THG-Emissionen in anderen Produktionssystemen führen. Dies wird als Leakage-Effekt bezeichnet.

3. Betrachtung zusätzlicher Kriterien

Bei der Suche nach Möglichkeiten zur Vermeidung von THG-Emissionen muss auch berücksichtigt werden, dass diese immer im Vergleich zu Vermeidungsmöglichkeiten außerhalb der Landwirtschaft betrachtet werden müssen. Dabei geht es darum, sowohl das gesamte Einsparpotential nicht nur für den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb, sondern für die gesamte Landwirtschaft eines Landes sowie die damit verbundenen Kosten zu ermitteln.

Solche Vermeidungspotentiale sind zu identifizieren, welche

- mit einer möglichst geringen Wahrscheinlichkeit von Verschiebeeffekten verbunden sind,
- für eine möglichst große Anzahl von Betrieben anwendbar sind,
- mit möglichst geringen Kosten verbunden sind,
- möglichst positive zusätzliche Nebenwirkungen mit sich bringen (geringerer Flächenverbrauch,...).

Anhand dieser Kriterien sollten identifizierte Vermeidungspotentiale auf landwirtschaftlichen Betrieben beurteilt werden.

Literatur

Zehetmeier M, Baudracco J, Hoffmann H, Heißenhuber A (2012) Does increasing milk yield reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6 (1), 154–166.

Klimaschutz und Nachhaltigkeitsberatung – Entwicklung neuer Beratungsinstrumente

Thomas Fisel, Helmut Frank, Jan Plagge

Die Anforderungen an die Landwirtschaft, nachhaltig und klimaschonend zu wirtschaften, steigen. Dies beinhaltet vor allem die Vermeidung und Reduktion von Treibhausgasemissionen aus der landwirtschaftlichen Erzeugung wie auch die Nutzung von Möglichkeiten, Nährstoffe im Stoffkreislauf zu binden. Vor diesem Hintergrund benötigen landwirtschaftliche Betriebe eine fundierte Beratung und konkrete Handlungsempfehlungen.

Die Ergebnisse aus den Pilotbetrieben zeigen, dass Klimawirkungen und Nachhaltigkeit mit dem Produktionssystem (ökologisch oder konventionell) und dem Betriebstyp (Marktfucht, Milchvieh) zusammenhängen. So lässt sich zum Beispiel ableiten, dass die Integration von Wiederkäuerhaltung und Ackerbau in Bezug auf die Treibhausgasbilanz deutliche Vorteile aufweist. Jedoch gibt es gleichzeitig eine große Varianz zwischen den einzelnen Betrieben eines Produktionssystems bzw. Betriebstyps. Dies weist auf große Optimierungspotenziale hin. Allgemein formulierte Beratungsempfehlungen im Hinblick auf das Produktionssystem oder den Betriebstyp können somit nur einen begrenzten Beitrag zur Verbesserung leisten. Um das Optimierungspotenzial der Betriebe auszuschöpfen, ist eine individuelle Beratung und Begleitung von Betrieben auf dem Weg zu mehr ökologischer Nachhaltigkeit erforderlich. Für diese Beratung werden aussagekräftige, auf dem aktuellen Wissensstand beruhende und gleichzeitig praxistaugliche Beratungsinstrumente zur Analyse und einzelbetrieblichen Optimierung benötigt.

Im Rahmen des Projekts Pilotbetriebe wurden Grundlagen und erste Bausteine für eine Nachhaltigkeitsberatung entwickelt. Die Ergebnisse zeigen, dass viele Landwirte interessiert sind, sich mit den Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels beschäftigen. Es besteht auch eine grundlegende Bereitschaft, Maßnahmen zu mehr Klimaschutz und Nachhaltigkeit umzusetzen. Im Regelfall fehlt aber das Wissen über mögliche und sinnvolle Ansatzpunkte. Testberatungen zeigen, dass ein mehrstufiges, partizipatives Beratungskonzept (Sensibilisierung, Nachhaltigkeitsanalyse, vertiefende Betrachtung von „Hot spots“, Optimierungsberatung) hierfür geeignet ist. Um mit leistbarem Zeit- und Datenerhebungsaufwand zu fundierten Aussagen zu kommen, müssen hierzu geeignete Beratungswerkzeuge aus den vorhandenen wissenschaftlichen Ergebnissen und Modellen abgeleitet werden. Als erstes Beratungsinstrument wurde ein Humusbilanzrechner für den betrieblichen Pflanzenbau entwickelt. Dabei wird eine Methode verwendet, die an ökologische und konventionelle Bedingungen angepasst ist. Die Humusversorgung ist ein wichtiger, langfristiger Erfolgsfaktor für die pflanzliche Produktion, zudem kann durch eine ausgeglichene Humusbilanz oder Humusaufbau die Klimabilanz positiv beeinflusst werden. Der Humusbilanzrechner ist in Kürze auf der Homepage www.pilotbetriebe.de verfügbar.

Für das oben beschriebene Beratungskonzept sind weitere Werkzeuge (z.B. Stickstoffbilanz für Ökobetriebe, Energiebilanz) zu entwickeln, um mit vereinfachten, aber dennoch fundierten Methoden eine Beratung zur ökologischen Nachhaltigkeit vornehmen zu können. Die Beratung zur ökologischen Nachhaltigkeit sollte zudem in ein Gesamtkonzept zur Nachhaltigkeitsberatung (ökonomisch, ökologisch, sozial) eingebunden werden, um Betriebsleitern einen aussagekräftigen Abgleich ihrer persönlichen und betrieblichen Ziele mit den gesellschaftlichen Anforderungen zu ermöglichen.

**Schlussfolgerungen und Ausblick:
Nachhaltige Landwirtschaft weltweit – gehen die Pilotbetriebe voran?**

Gerold Rahmann

Nachhaltige Landwirtschaft ist kein „agrarischer Luxus“ reicher Länder, sondern eine Notwendigkeit, um auch für die kommenden Generationen - bei weiterhin zunehmender Weltbevölkerung und veränderten Konsumgewohnheiten - genügend und gesunde Lebensmittel zu produzieren und allen zugänglich zu machen.

Während bis heute so ziemlich „aus dem Vollen geschöpft“ werden konnte, da prinzipiell genügend fossile Energie, fruchtbare Böden, sauberes Wasser, ertragsreiche Sorten und Betriebsmittel vorhanden waren, um eigentlich genügend Lebensmittel für alle Menschen der Erde in ausreichender Qualität zu produzieren (wegen Verteilungsproblemen jedoch weiterhin fast eine Milliarde Menschen hungern müssen), so ist heute festzustellen, dass die Grenzen der Produktion durch immer knapper werdende Ressourcen deutlich werden. Auch wenn es noch einige und vielleicht viele Jahrzehnte dauern wird, aber die fossile Energie, der fruchtbare und nicht kontaminierte Boden, sauberes und genügend Wasser werden zu knappen Faktoren. Der wohl nicht mehr aufzuhaltende Klimawandel wird seinen Beitrag für unsicherer werdende Lebensmittelversorgung beitragen (food security and safety).

Dieses ist alles bekannt und es ist bereits viel darüber geschrieben worden. Seit Rio 1992 ist die Entwicklung einer nachhaltigen Lebensmittelkette – from farm to fork – ein zentrales Thema der Agrarpolitik und der Forschung. Sie ist die Herausforderung, die Lebensmittelproduktion nicht nur ökonomisch oder sozial weiter zu entwickeln, sondern dabei die natürlichen Ressourcen wie Boden, Wasser, Biodiversität, Landschaft und Luft nur so zu nutzen, dass sie auch nachfolgenden Generationen noch zur Verfügung stehen. Die Gesellschaft ist sich dieser Zwänge bewusst. Die Landwirtschaft hat sich in den letzten Jahrzehnten bereits erheblich verändert, ist vielerorts effizienter aber auch adaptierter geworden. Auf der anderen Seite gibt es Entwicklungen, die in der Gesellschaft auf Kritik stoßen wie zum Beispiel die „Gentechnik“, die „Massentierhaltung“, der Einsatz von chemisch-synthetischen Produkten und Medikamenten. So muss die Landwirtschaft heute eine Balance zwischen Wirtschaftlichkeit, gesellschaftlichen Erwartungen (auch multifunktional) und produktionstechnischen Erfordernissen gerecht werden, die nicht nur Ware sondern die Lebensgrundlage der Menschen gewährleistet.

Der ökologische Landbau hat sich zum Ziel gesetzt, nachhaltig und tiergerecht zu wirtschaften. Sie ist dabei insbesondere im letzten Jahrzehnt so erfolgreich geworden, dass sie Ende 2012 in Deutschland rund 7 Milliarden Euro Umsatz (fast 4 % des Lebensmittelumsatzes) erreichte. Über eine Millionen Hektar (rund 7 % der gesamten Agrarfläche)

werden hierzulande von rund 23.000 Betrieben ökologisch bewirtschaftet. Auch wenn diese Zahlen bescheiden klingen, so wird der Ökolandbau seit der „Agrarwende“ 2001 als die Agrarform diskutiert, die den Zielen der nachhaltigen Produktion am nächsten kommt. Dadurch rückte diese Wirtschaftsform stärker in den Fokus und musste seine Leistungen auch überprüfen lassen.

Der politische, ideelle als auch der praktische Wettbewerb „ökologisch vs. konventionell“ um die Lösungen für die Herausforderungen der Zukunft wurde mit vielen Behauptungen geführt. Je nach Interessenslage wurden entweder dem einen oder dem anderen Landbausystem Vorzügen in der nachhaltigen Produktion „angedichtet“.

Studien sollten dieses belegen, haben jedoch selten wirkliche Systemvergleiche betrachtet, die in ihrer Tiefe als auch Methodik (insbesondere der Systemabgrenzung: z.B. Fläche, Produkteinheit, Betrieb, Schlag, Region, intensiv - extensiv) für eine abschließende Bewertung aus wissenschaftlicher Sicht geeignet waren. Es kam zu Verunsicherungen der Produzenten, der Konsumenten, der Politik und letztlich auch der Forschung, welche Leistungen die verschiedenen Produktionssysteme wirklich leisten. Für die Politikberatung und die Gestaltung der Agrarstrukturen ist dieses ein Dilemma - weltweit.

2009 haben sich einige wissenschaftliche Einrichtungen diesem Problem gestellt und ein Netz von 80 Pilotbetrieben als Paarbetriebe ökologisch-konventionell in 4 Regionen Deutschlands etabliert und seitdem detailliert analysiert und miteinander verglichen. Da gerade der Klimaschutz die politischen Diskussionen beherrschte, wurde der erste Schwerpunkt der Analysen auf die CO_2_{eq} gelegt. Das Ergebnis zeigte große Überlappungen der Betriebssysteme, so dass von einer eindeutigen Vorteilhaftigkeit eines Systems nicht gesprochen werden kann. Für beide Systeme wurden auch Entwicklungspfade für eine leistungsfähige und klimafreundliche Produktion (am Beispiel Weizen und Milch) aufgezeigt. In dem partizipativen und praxisnahen Projekt wurden Beratungstools entwickelt.

Besonders wichtig in dem Netz von Pilotbetrieben war und ist es, dass es für eine längere Laufzeit als üblich geplant wurde. So sollen neben dem Klimaschutz auch andere Nachhaltigkeitsindikatoren (z.B. Medikamenteneinsatz in der Tierhaltung, Nährstoffeffizienzen, Biodiversität) zukünftig näher untersucht werden. Dabei sollen wirtschaftliche Analysen helfen, da sich nachhaltiges Wirtschaften auch rechnen muss.

Ein vergleichbares Netz von ökologischen und konventionellen Betrieben ist weltweit bislang nicht in der vorliegenden Tiefe untersucht worden. Es ist so attraktiv, dass andere Länder (z.B. Norwegen, Österreich) auch angefangen haben, auf dieser Basis bessere Daten für die Entwicklung einer nachhaltigeren Landwirtschaft zu gewinnen. Es wäre wünschenswert, wenn das Netz über die gesamte EU aufgebaut werden könnte, um praxisnah und für die Politik die erforderlichen Informationen aufarbeiten zu können. Hieran will die Gruppe arbeiten. Unterstützung kann sie dabei sicher gebrauchen.