

2 Problemstellung und Forschungsbedarf

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Gerold Rahmann, Harald Schmid, Jan Plagge, Karl Kempkens

2.1 Vorbemerkungen

In den Jahren 2009 bis 2013 wurden die beiden eng mit einander verbundenen transdisziplinären Projekte „*Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*“ und „*Klimawirkungen und Nachhaltigkeit konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*“ durchgeführt.

Projektpartner waren die Technische Universität München, das Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut, die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die Bioland Beratung GmbH sowie 80 landwirtschaftliche „Pilotbetriebe“.

Die Untersuchungen fanden in den Pilotbetrieben und nahegelegenen Versuchsstationen in vier Agrarregionen Deutschlands statt. Die beteiligten Betriebe bildeten gemeinsam mit der Wissenschaft und Beratung das „Netzwerk der Pilotbetriebe“. In beiden Projekten kamen die gleichen, abgestimmten Analyse- und Bewertungsmethoden zur Anwendung, so dass die Ergebnisse projektübergreifend auswertbar und Systemvergleiche möglich sind. Im vorliegenden Forschungsbericht werden daher die Untersuchungsmethoden und Forschungsergebnisse beider Projekte gemeinsam dargestellt und diskutiert.

2.2 Wissenschaftliche Ziele zur Analyse und Bewertung von Klimawirkungen

Weltweit verursacht die Landwirtschaft 10 bis 12 % der anthropogenen Treibhausgas (THG)-Emissionen bzw. 58 % der N₂O- und 47 % der CH₄-Emissionen (Burney et al., 2010). Der Anteil der Nahrungserzeugung an den Treibhausgasemissionen steigt auf 30 %, wenn die Betrachtungsebene erweitert und Landnutzungsänderungen einbezogen werden (European Commission, 2006; The Government Office for Science, 2011). Den stärksten Einfluss auf die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft haben in der Europäischen Union die Stickstoffdüngerproduktion und die Tierhaltung, letztere vor allem durch die Methanemissionen (European Commission, 2006). Bei der pflanzlichen Produktion sind neben den CO₂-Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie die Böden als Quellen und Senken von Kohlenstoff bedeutsam. Die Ableitung wirksamer Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen setzt die Kenntnis der Quellen und Emis-

onsprozesse sowie der Einflussfaktoren auf die Höhe der Treibhausgasemissionen voraus. Es ist noch nicht ausreichend untersucht, in welchem Umfang durch angepasste Produktionsverfahren und die Systemoptimierung von Betrieben 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 herausragender Bedeutung. Wenngleich es umfassende Untersuchungen zu Teilprozessen von THG-Emissionen in der Landwirtschaft gibt, so fehlen doch ganzheitliche betriebliche Analysen. Fast immer werden pflanzliche oder tierische Produktionssysteme isoliert betrachtet, beispielsweise bei produktbezogenen Carbon Footprints oder bei Produktökobilanzen – ohne Berücksichtigung der innerbetrieblichen Interaktionen. Dies kann zu Fehlbewertungen führen. Die THG-Emissionen werden entscheidend von den Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufen im Landwirtschaftsbetrieb geprägt. Untersuchungen und Mitigationsstrategien sollten daher nicht nur auf Einzelmaßnahmen, sondern vielmehr auf gesamtbetriebliche Optimierungen der Stoffkreisläufe ausgerichtet werden. Die Untersuchung von Stoffkreisläufen unter Verwendung von Modellen bietet daher viele Ansatzpunkte, die Ursachen von THG-Emissionen aufzuklären und Maßnahmen zur Emissionsminderung abzuleiten.

Für die Bewertung von Treibhausgasflüssen sind neben den flächenbezogenen THG-Emissionen die produktbezogenen THG-Emissionen von großer Bedeutung. Produktbezogene Emissionen können nicht nur durch eine absolute Emissionsminderung, sondern auch durch Ertragssteigerungen bei gleicher Emissionsmenge oder die Kombination beider Strategien erreicht werden. Die Intensivierung von Landnutzungssystemen mit dem Ziel der Ertragssteigerung ist daher eine wichtige Strategie, um produktbezogene Emissionen zu minimieren (Burney et al., 2010; Tuomisto et al., 2012). Auch der Einfluss der Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung ist Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen (Zehetmeier et al., 2011).

Die Landwirtschaft führt nicht nur zu THG-Emissionen, sie kann substanzielle Beiträge zur Minderung des Treibhausgasausstoßes leisten (Smith, 2004). Veränderte Produktionsverfahren ermöglichen eine Reduzierung des direkten sowie indirekten Energieeinsatzes. Die Landwirtschaft kann durch angepasstes Management (Fruchtfolgen, Bodenbearbeitungsintensität) eine langfristige CO₂-Speicherung in Böden durch Humusaufbau erreichen (Robertson et al., 2000; West und Marland, 2002).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass trotz zahlreicher Untersuchungen von Treibhausgasflüssen die Daten und verfügbaren Methoden nicht ausreichend sind, um betriebsspezifische Aussagen zu Klimawirkungen der Landwirtschaft zu treffen und umsetzbare Minderungsstrategien abzuleiten. Hierzu sind weitergehende Untersuchungen von Produktions- und Betriebssystemen unter differenzierten Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen notwendig.

In vier Boden-Klimaregionen Deutschlands wurden daher die Emissionen klimarelevanter Gase beim Anbau landwirtschaftlicher Nutzpflanzen und der Haltung von Milchkühen, sowie die Standort- und Nutzungseinflüsse auf die Treibhausgasbilanz untersucht. Hierzu fanden Messungen in Versuchsstationen und Bilanzierungen der Kohlendioxid-, Methan- und Lachgasemissionen in der Pflanzenproduktion und Milchviehhaltung der Pilotbetriebe statt. Projektziele zum Klimaschutz waren:

- 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 Projektergebnisse sollen die Datenbasis für die nationale Klimaberichterstattung verbessern und Möglichkeiten für eine nachhaltige Landnutzung aufzeigen.

2.3 Wissenschaftliche Ziele zur Analyse und Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit

Unter den sich ständig ändernden Rahmenbedingungen der Landwirtschaft ist es außerordentlich wichtig, Entwicklungsprozesse in landwirtschaftlichen Betrieben zu analysieren, hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten und zu optimieren. Aus Sicht der Landwirte ist es hierbei wichtig, die eigene Produktionsweise und das Betriebssystem vergleichend bewerten zu können (z.B. Vergleich mit Zielwerten und Benchmarking). Daraus lassen sich Konsequenzen für die Betriebsentwicklung und ggf. Argumente für die Vermarktung ableiten. Nachhaltigkeitsindikatoren können zur betrieblichen und schlagspezifischen Schwachstellenanalyse genutzt werden, z.B. zur Identifizierung von Problembereichen – wie mangelnde Humusversorgung oder erhöhte Stickstoffverluste.

Indikatorenmodelle werden daher nicht nur im wissenschaftlichen Bereich, sondern zunehmend in der Praxis und Beratung eingesetzt (Bockstaller et al., 1997, Lewis und Bardon, 1998; Eckert et al., 1999; Hülsbergen, 2003; Schaffner und Hövelmann, 2009). Sie unterscheiden sich bezüglich der Anwendungsgebiete (Verwaltung, Marketing, Betriebsoptimierung), der Komplexität, der verwendeten Indikatoren und Analysemethoden sowie der Grenzwertsetzung. Ergebnisse zur Nachhaltigkeit der Landwirtschaft sind darüber hinaus von hohem Interesse für Verbraucher (ökologische Glaubwürdigkeit, Prozessqualität) und für die Politikberatung.

Weltweit arbeiten Wissenschaftlergruppen und Organisationen daher intensiv an der Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren sowie an ihrer Einbindung in Modelle und Bewertungsansätze. Durch regionale Bezüge und die spezifische Ausrichtung der Forschungsaktivitäten entstanden unterschiedliche Modellansätze. Allein in Westeuropa gibt es mehr als 50 Modelle für die Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebes (Goodlass et al., 2003; Halberg et al., 2005; Bockstaller et al., 2009). Bisher entwickelte Indikatorensysteme sind aber für die breite Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis teilweise noch zu aufwändig und zu teuer; zudem müssen sie weiter wissenschaftlich fundiert und umfassend erprobt werden.

Ein zentraler Bestandteil leistungsfähiger Nachhaltigkeitsmanagementsysteme sind Tools zur Analyse betrieblicher Stoff- und Energieflüsse. Aufgrund der besonderen Produktions- und Umweltrelevanz entstanden differenzierte Ansätze der Stickstoffbilanzierung, zum Beispiel Hof-, Stall- und Flächenbilanzen (Schröder et al., 2003; Oenema et al., 2003). Ebenso existieren unterschiedliche Methoden der Energiebilanzierung für einzelne Produktionsprozesse oder Betriebssysteme (Refsgaard et al., 1998; Hülsbergen et al., 2001).

Im Forschungsprojekt kamen in den 80 Pilotbetrieben Driving Force Indikatoren (z.B. Berechnung von Stickstoff- und Treibhausgasemissionen) und State-Indikatoren (z.B. Messung von Humusgehalten) auf unterschiedlichen Systemebenen (Testflächen, Schläge, Pflanzenbau, Milchviehhaltung, Gesamtbetrieb) zur Anwendung.

Projektziele zum Nachhaltigkeitsmanagement waren:

- 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.

2.4 Aufbau eines deutschlandweiten Netzwerkes von Pilotbetrieben

Ein wesentliches Projektziel bestand darin, mit dem Netzwerk von Pilotbetrieben optimale Voraussetzungen und Strukturen für langfristige, systemare Forschungsarbeiten zu schaffen. 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:

- 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).

Das Projekt wurde so gestaltet, dass die Betriebsleiter und die Betriebsberatung aktiv an dem Gesamtvorhaben teilnehmen konnten. Hierzu dienten unter anderem zahlreiche Betriebsbesuche mit intensiven Diskussionen, die durchgeführten Betriebsleiterinterviews, die betriebsindividuelle Aufbereitung und Erläuterung der Projektergebnisse, die jährlich veranstalteten Regional-Workshops.

Der Daten- und Informationsaustausch im Projekt wurde über die zentrale „Datendrehscheibe“ NutriWeb – von der Datenerfassung in den Betrieben bis zur Ergebnispräsentation – realisiert. Landwirte und Berater können somit die Projektergebnisse für einzelbetriebliche Auswertungen nutzen. Die aufgebaute Projektinfrastruktur mit den Betrieben, der Datenerfassung, der Datenspeicherung, den Auswertungsverfahren bietet eine längerfristige Perspektive für die Forschung.

2.5 Forschungsbericht

Im vorliegenden Forschungsbericht wird der methodische Ansatz des Gesamtprojektes beschrieben. Die wichtigsten Ergebnisse der dreijährigen Untersuchungen in den 80 Pilotbetrieben und den beteiligten Forschungsstationen werden dargestellt und umfassend diskutiert.

Die Ergebnisdarstellung orientiert sich an den Untersuchungsschwerpunkten der am Projekt beteiligten der Arbeitsgruppen.

Wichtige Zielsetzungen hierbei sind,

- die methodischen Fortschritte und Innovationen darzustellen, beispielsweise die Modellentwicklung und die Verbesserung der Datenbasis für die Modellierung,
- die Ergebnisse der Stoff-, Energie- und Treibhausgasflüssen im Pflanzenbau und der Milchviehhaltung zu bewerten und einzuordnen,
- Strategien zur klimaneutralen Produktivitätssteigerung zu prüfen,
- Beratungsansätze zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit zu entwickeln und zu testen.

In einer abschließenden Generaldiskussion werden die Teilergebnisse zu einer Gesamtaussage zusammengeführt, der weitere Forschungsbedarf aufgezeigt und ein Ausblick auf künftige Untersuchungen gegeben.

2.6 Literatur

- Bockstaller C, Girardin P, van der Werf HMG (1997) Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *Europ. J. Agronomy* 7:261-270
- Bockstaller C, Guichard L, Keichinger O, Girardin P, Galan, M-B, Gaillard G (2009) Comparison of Methods to Assess the Sustainability of Agricultural Systems: A Review. In: Lichtfouse E, Navarrete M, Debaeke P, Souchère V, Alberola C (eds.): *Sustainable Agriculture*. Springer New York, 769-785
- Burney JA, Davis SJ, Lobell DB (2010) Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *PNAS* 107:12053-12057
- Eckert H, Breitschuh G, Sauerbeck D (1999) Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL) – ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. *Agribiol. Res.* 52:57-84
- European Commission (2006) Environmental impact of products (EIPRO): Analysis of the life cycle environmental impacts related to the total final consumption of the EU 25. European Commission Technical Report EUR 22284 EN. Brussels: European Commission
- Goodlass G, Halberg N, Verschuur G (2003) Input output accounting systems in the European community – an appraisal of their usefulness in raising awareness of environmental problems. *European Journal of Agronomy* 20:17-24
- Halberg N, Verschuur G, Goodlass G (2005) Farm level environmental indicators; are they useful? An overview of green accounting systems for European farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105:195-212
- Hülsbergen K-J (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag Aachen
- Hülsbergen K-J, Feil B, Biermann S, Rathke G-W, Kalk W-D, Diepenbrock W (2001) A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86:303-321
- Lewis KA, Bardon KS (1998) A computer-based informal environmental system for agriculture. *Environmental Modelling & Software* 13:123-137
- Oenema O, Kros H, de Vries W (2003) Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy* 20:3-16
- Refsgaard K, Halberg N, Kristensen ES (1998) Energy Utilization in Crop and Dairy Production in Organic and Conventional Livestock Production Systems. *Agricultural Systems* 57:599-630
- Robertson GP, Paul EA, Harwood RR (2000) Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science* 289:1922-1925
- Schaffner A, Hövelmann L (2009) Der DLG-Nachhaltigkeitsstandard „Nachhaltige Landwirtschaft – zukunftsfähig“. In: Grimm C, Hülsbergen K-J (eds.): *Nachhaltige Landwirtschaft - Indikatoren, Bilanzierungsansätze, Modelle*. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 161-171
- Schröder JJ, Aarts HFM, ten Berge HFM, van Keulen H, Neeteson JJ (2003) An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *European Journal of Agronomy* 20:33-44
- Smith P (2004) Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. *European Journal of Agronomy* 20:229-236

- The Government Office for Science (2011) The Future of Food and Farming: Challenges and choices for global sustainability. Final Project Report. The Government Office for Science, London, UK
- Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW (2012) Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. *Agricultural Systems* 108:42-49
- West TO, Marland G (2002) Net carbon flux from agricultural ecosystems: methodology for full carbon cycle analyses. *Environmental Pollution* 116:439-444
- Zehetmeier M, Baudracco J, Hoffmann H, Heißenhuber A (2011) Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6:154-166

Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Gerold Rahmann (Hrsg.)

Thünen Report 8

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.ti.bund.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.ti.bund.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.



THÜNEN

Thünen Report 8

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuener-report@ti.bund.de
www.ti.bund.de

ISSN 2196-2324
ISBN 978-3-86576-108-8
DOI:10.3220/REP_8_2013
urn:nbn:de:gbv:253-201311-dn052695-5

Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Gerold Rahmann (Hrsg.)

Thünen Report 8

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen (Hrsg.)
Technische Universität München
Alte Akademie 12
85350 Freising-Weihenstephan
E-Mail: sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de

Prof. Dr. Gerold Rahmann (Hrsg.)
Thünen-Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau
E-Mail: gerold.rahmann@ti.bund.de

Thünen Report 8

Weihenstephan/Trenthorst, im November 2013