

Klimawandel und Ökolandbau

Situation, Anpassungsstrategien
und Forschungsbedarf

KTBL-Tagung vom
1. bis 2. Dezember 2008
in Göttingen



Konzeption und Zusammenstellung

Dr. Ulrike Klöble, Werner Achilles, Helmut Döhler
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) | Darmstadt

Dr. Anja Christinck | Gersfeld

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, Technische Universität München | Freising

Dr. Karl Kempkens, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen | Köln-Auweiler

In Zusammenarbeit mit der KTBL-Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

© 2008

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon (06151) 7001-0 | Fax (06151) 7001-123
E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) | Bonn, Berlin im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Lektorat

Dr. Anja Christinck | Gersfeld

Dr. Ulrike Klöble, Werner Achilles | KTBL

Redaktion

Annette Schröder | KTBL

Titelfoto

© agrarfoto.com

Vertrieb

KTBL | Darmstadt

Druck

Lokay Druck | Reinheim

Printed in Germany

ISBN 978-3-939371-71-7

Ressourcenschonendes Printprodukt

Vorwort

Klimaschutz ist eine der wichtigsten Herausforderungen der heutigen Zeit. Ihm hat sich der ökologische Landbau von seinen Grundsätzen her in besonderem Maße verpflichtet. Er steht nun vor der Herausforderung, diesen Beitrag zum Klimaschutz zu belegen und zu verbessern, sich dem sich ändernden Klima anzupassen und gleichzeitig dem steigendem Bedarf an Lebensmitteln nachzukommen.

Vieles deutet darauf hin, dass die ökologische Wirtschaftsweise Vorteile in Hinblick auf den Klimaschutz aufweist. In diesem Zusammenhang sind z. B. Energieeffizienz und Kohlenstoff-Sequestrierung zu nennen. Aber es gibt noch viele offene Fragen und deutlichen Optimierungsbedarf. Wie lässt sich z. B. die Aufwand-Ertragsrelation so verbessern, dass das Treibhausgaspotenzial pro erzeugtem Produkt gemindert wird?

Darüber hinaus müssen sich die Betriebsleiter der ökologisch bewirtschafteten Betriebe wie die aller landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland und Mitteleuropa auf geänderte Produktionsbedingungen einstellen. Der Jahreswitterungsverlauf wird sich ändern und extreme Witterungsereignisse mit erheblichen Auswirkungen auf den gesamten Betrieb werden zunehmen. Welche Möglichkeiten gibt es, die Produktionstechnik im Ökolandbau an die Folgen des Klimawandels anzupassen?

Dieser Tagungsband gibt die Beiträge des KTBL-Fachgesprächs „Klimawandel und Ökolandbau“ am 1. und 2. Dezember 2008 in Göttingen wieder. Ziel des Fachgesprächs war es, den Stand des Wissens zur Klimawirksamkeit der Pflanzen- und Tierproduktion im Ökolandbau darzustellen, Potentiale zur Minderung der klimarelevanten Gase, sowie mögliche Anpassungsstrategien an das sich ändernde Klima aufzuzeigen und die offenen Fragen und den Forschungsbedarf zu benennen.

Diesen Prozess vorausschauend zu begleiten und die Erkenntnisse in zukünftige Aktivitäten und Programme einzubinden war auch ein großes Interesse des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Verbraucherschutz (BMELV) und der Geschäftsstelle des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL), durch das dieses Fachgespräch gefördert wurde. Wir danken den Referenten und Moderatoren, sowie allen, die zur Tagung selbst und zur Veröffentlichung der Beiträge in dieser KTBL-Schrift beigetragen haben.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

DR. KARL KEMPKENS

Vorsitzender der KTBL-Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau

Inhalt

Die deutsche Landwirtschaft als Produzent von Nahrungsmitteln und Emittent von Klimagasen

Klima, Landwirtschaft und Ernährungssicherung ALOIS HEISSENHUBER, MONIKA ZEHETMEIER	7
Das Modell GAS-EM zur Berechnung landwirtschaftlicher Emissionen im ökologischen Landbau ULRICH DÄMMGEN, HELMUT DÖHLER	23

Klimaschutz im Ökolandbau

Kraftstoffbedingte CO ₂ -Emissionen im Ökolandbau und Reduktionspotenziale JOSEF BOXBERGER, GERHARD MOITZI	35
Lachgasemissionen aus ökologisch bewirtschafteten Böden REINER RUSER.....	50
Kohlenstoffspeicherung in Böden durch Humusaufbau KURT-JÜRGEN HÜLSBERGEN.....	65
Greenhouse gas emissions from organic dairy farms and potentials for their reduction MICHEL C.J. SMITS, JULIO MOSQUERA	81
Fütterungsmaßnahmen zur Reduzierung der Stickstoff- und Methanausscheidungen bei Lebensmittel liefernden Tieren GERHARD FLACHOWSKY, PETER LEBZIEN	87

Anpassungsstrategien des Ökolandbaus an das sich ändernde Klima

Folgewirkungen der Klimaveränderung auf die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland HANS-JOACHIM WEIGEL	103
Hochwasserschutz durch ökologische Bodenbewirtschaftung HOLGER LILIENTHAL, EWALD SCHNUG	123

Nutzung des Bodenspeicherungspotenzials für Wasser als Vorsorgemöglichkeit für Starkregenereignisse und Trockenperioden NICOLA FOHRER	131
Anpassungsmöglichkeiten an den Klimawandel durch Bodenbearbeitung und Fruchtfolge ULRICH KÖPKE	141
Reaktionsmöglichkeiten auf den Klimawandel durch Pflanzenzüchtung und Sortenwahl MARIA R. FINCKH.....	160
Klimawandel und phytomedizinische Risiken BÄRBEL GEROWITT, CHRISTINE STRUCK	176
Risikominderung durch angepasstes Futterbaumanagement FRIEDHELM TAUBE	186
Forschungsbedarf	
Forschungsbedarf zur Emissionsminderung klimarelevanter Gase im Ökolandbau HELMUT DÖHLER, ULRICH DÄMMGEN	198
Forschungsbedarf zu den möglichen Anpassungsstrategien des Ökolandbaus an das sich ändernde Klima GEROLD RAHMANN.....	208
Anschriften der Autorinnen und Autoren.....	221
KTBL-Veröffentlichungen	223

Lachgasemissionen aus ökologisch bewirtschafteten Böden

REINER RUSER

1 Bildung von Lachgas in Böden

Jährlich werden 17,7 Tg des klimarelevanten Spurengases Lachgas (N_2O) in die Atmosphäre freigesetzt, die N_2O -Konzentration steigt jährlich um 0,8 ppb (KROEZE et al. 1999). Der Anteil des N_2O am anthropogenen Treibhauseffekt beträgt 7,9 % (IPCC 2007), zudem ist N_2O am stratosphärischen Ozonabbau beteiligt (CRUTZEN 1981). Über 50 % der anthropogenen N_2O -Freisetzung werden auf bodenbürtige Emissionen in Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Aktivitäten zurückgeführt (KROEZE et al. 1999).

N_2O wird in Böden hauptsächlich während der mikrobiellen Stickstofftransformationsprozesse Nitrifikation und Denitrifikation gebildet (GRANLI und BØCKMAN 1994). In gut belüfteten, aeroben Kompartimenten wird N_2O vor allem während der Nitrifikation gebildet. Mit abnehmendem O_2 -Partialdruck wird N_2O im Boden vor allem durch die biologische Denitrifikation während der Nitratreduktion gebildet. Bei der Denitrifikation kann N_2O im Gegensatz zur Nitrifikation weiter verbraucht werden (Reduktion zu N_2). Nahezu alle heterotrophen Bodenbakterien sind zur Denitrifikation befähigt (UMAROV 1990), deshalb folgerte FLESSA (2000), dass die Denitrifikation in erster Linie durch die Umweltbedingungen und die Substratverfügbarkeit gesteuert wird. Das N_2O/N_2 -Verhältnis ist dabei hoch variabel und aufgrund messtechnischer Schwierigkeiten bis heute nur unzureichend beschrieben. Die Sauerstoffversorgung kann in Böden kleinräumig sehr stark variieren (HØJBERG et al. 1994). Deshalb stellt bodenbürtiges N_2O nahezu stets eine Mischung beider Bildungswege dar.

2 Maßgebliche Steuergrößen der Lachgasfreisetzung aus landwirtschaftlich genutzten Böden

Die Nitrat- und Ammoniumverfügbarkeit ist eine der direkten Steuergrößen N_2O -bildender Prozesse in landwirtschaftlich genutzten Böden. Die Nitrifikationsrate ist durch die NH_4^+ -Verfügbarkeit begrenzt. Die NH_4^+ -Oxidationsrate ist in der Regel höher als die bodenbürtige Nachlieferung von NH_4^+ , so dass erhöhte NH_4^+ -Gehalte meist nur kurzfristig auftreten (z.B. nach Düngung mit NH_4^+ -haltigen oder organischen Düngemitteln oder bei Staunässe).

Auf Standorten, bei denen die Denitrifikation den überwiegenden Anteil der N_2O -Freisetzung stellt, konnten in zahlreichen Untersuchungen positive Korrelationen zwischen der N_2O -Emission und den Nitratgehalten des Oberbodens nachgewiesen werden (Abb. 1a) (RUSER et al. 2001, SMITH et al. 1998). Allerdings kann dieser Zusammenhang, aufgrund der Limitierung anderer Einflussfaktoren der N_2O -Freisetzung, in einzelnen Versuchsjahren sehr unterschiedlich ausgeprägt sein (Abb. 1b). SEHY (2004) untersuchte die N_2O -Freisetzung aus konventionell und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen. Dabei zeigte sich, dass die annualen N_2O -Emissionen sehr eng mit den mittleren Nitratgehalten des Oberbodens korreliert waren. Während des trockeneren Versuchsjahrs 1999 wäre jedoch deutlich mehr Bodennitrat benötigt worden, um dieselbe Jahresemission zu erreichen, wie sie unter den feuchteren Bedingungen des zweiten Versuchsjahrs 2000 erreicht wurde.

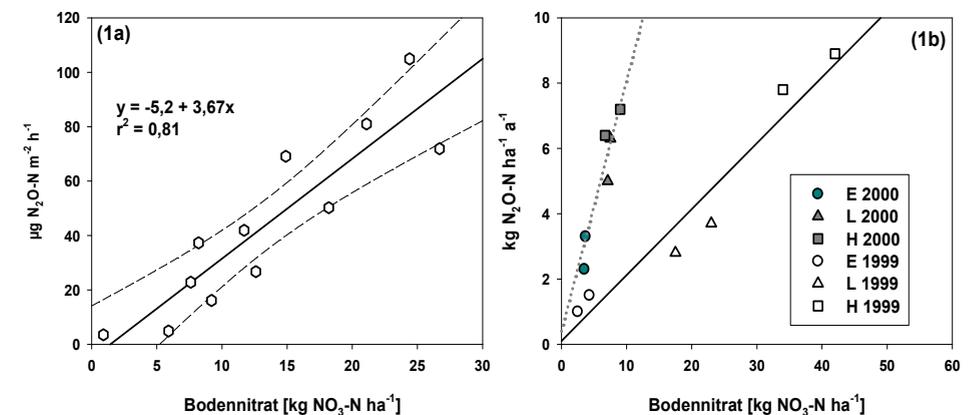


Abb. 1: Mittlere N_2O -Jahresflussraten unterschiedlich mineralisch gedüngter Ackerböden in Abhängigkeit der mittleren Bodennitratgehalte (0–30 cm) (nach RUSER et al. 2001; Abb. 1a), sowie annuelle N_2O -Freisetzung konventionell bewirtschafteter (L und H) bzw. ökologisch bewirtschafteter (E) Ackerflächen in zwei Versuchsjahren (nach SEHY 2004; Abb. 1b)

Aufgrund dieses Zusammenhangs zwischen leicht verfügbarem Substrat und der N_2O -Freisetzung kommt der Reduzierung von N-Überhängen bzw. der effizienten N-Verwertung auf Schlagebene eine Schlüsselrolle bei der Minderung der N_2O -Emission zu. VAN GROENIGEN et al. (2004) untersuchten die N_2O -Freisetzung zweier konventionell bewirtschafteten Silomais-Flächen mit unterschiedlicher Bodentextur nach der Düngung (Abb. 2). Dabei zeigte sich, dass die N_2O -Freisetzung während der Vegetationsperiode mit abnehmender Ausnutzung des N-Düngers exponentiell anstieg.

Heterotrophe Mikroorganismen benötigen leicht verfügbaren Kohlenstoff für ihren Stoffumsatz. Hohe Humusgehalte gehen deshalb auch mit hohen N_2O -Emissionen einher (IQBAL 1992). Daneben führt der Umsatz leicht verfügbaren Kohlenstoffs zu einer O_2 -Zeh-

nung, der besonders bei hohen Wassergehalten eines Bodens Bedeutung zukommt, wenn der lokale Verbrauch die Nachlieferung durch Diffusion übersteigt. Dies kann in Böden zur Ausbildung von ‚Hotspots‘ und einem starken Anstieg der N_2O -Freisetzung nach der Ausbringung von organischem Material führen (FLESSA und BEESE 1995, 2000). Vor allem nach der Einarbeitung organischer Substanz sind Q_{10} -Werte >2 für die N_2O -Freisetzung gemessen worden. Dies wurde damit begründet, dass der O_2 -Partialdruck infolge verstärkter O_2 -Zehrung beim Umsatz dieser frischen organischen Substanz absinkt und die Denitrifikation dadurch stimuliert wird (SMITH 1997).

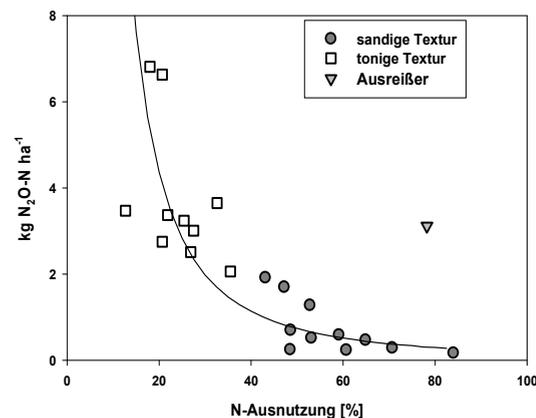


Abb. 2: N_2O -Freisetzung (Vegetationsperiode) in Abhängigkeit der N-Ausnutzung von Silomais auf zwei Standorten mit unterschiedlicher Bodentextur (VAN GROENIGEN et al. 2004)

Die Raten von Nitrifikation und Denitrifikation steigen unter sonst gleichen Bedingungen mit der Bodentemperatur an. Mit steigender Temperatur nimmt das N_2O/N_2 -Verhältnis während der Denitrifikation ab (VINTHER 1984), sodass die N_2O -Freisetzung trotz erhöhter Umsatzraten nicht zwangsläufig ansteigen muss. Deshalb ist der Einfluss der Bodentemperatur *per se* auf die N_2O -Flussraten von untergeordneter Bedeutung.

Im Winter können in Verbindung mit Frost/Tau-Zyklen extrem hohe N_2O -Emissionen auftreten. Der Anteil dieser Emissionen an der Jahresemission beträgt im Durchschnitt aller Jahresmessungen in Deutschland ca. 50 % (KAISER und RUSER 2000). Messungen auf ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen in Regionen mit längeren Frostperioden und häufigen Frost/Tau-Wechseln im Winterhalbjahr zeigten vergleichbare Ergebnisse. So betrug der Anteil der Winteremissionen verschiedener ökologisch bewirtschafteter Ackerflächen an der Jahresemission zwischen 40 und 81 % auf Ackerflächen in Süddeutschland (SEHY 2004, FLESSA et al. 1995), zwischen 16 und 47 % auf Gießener Versuchsflächen (SCHAUSS 2006) bzw. 64 % auf finnischen Versuchsflächen (SYVÄSALO et al. 2006). Die Gründe für diese hohen Emissionen während Frost/Tau sind bis heute noch

nicht abschließend geklärt (FLESSA 2000). Der hohe Anteil der Winter- an der Jahresemission belegt, dass die Bewertung einzelner Maßnahmen hinsichtlich ihrer Klimawirksamkeit nur auf Basis ganzjähriger Messreihen erfolgen kann.

DAVIDSON (1991) modellierte die N_2O -Freisetzung während der Nitrifikation und der Denitrifikation in Abhängigkeit vom Bodenwassergehalt. Hierbei ergab sich, dass die N_2O -Bildung während der Nitrifikation vorwiegend bei niedrigen Wassergehalten abläuft (<50 % wassergefülltes Porenvolumen, WFPS). Mit zunehmenden Bodenwassergehalten verringert sich die Belüftung eines Bodens und damit erhöht sich der Anteil des N_2O , welches während der Denitrifikation gebildet wird. Bei sehr hohen Wassergehalten ($>$ Feldkapazität) kommt es dann zu einer Reduktion des N_2O zu N_2 während der Denitrifikation, sodass die N_2O -Flussraten wieder abnehmen. Dieses Modell wurde durch zahlreiche Labor- und Freilanduntersuchungen bestätigt (WELL et al. 2006, DOBBIE und SMITH 2003). DÖRSCH (2000) berichtete von einem Schwellenwert oberhalb dessen die N_2O -Emission stark ansteigt, dieser Schwellenwert liegt bei ca. 70 % wassergefülltem Porenvolumen. Ein ähnlicher Schwellenwert wurde von RUSER et al. (2006) für einen Ackerboden sowie von DE KLEIN und VAN LOGTESTIJN (1996) für einen Grünlandboden berichtet. Der Anstieg des wassergefüllten Porenvolumens und die Verringerung des Volumens frei dränender Grobporen durch Bodenverdichtung kann unter sonst gleichen Bedingungen zu sehr hohen N_2O -Emissionen führen (Ruser et al. 1998).

Stark erhöhte Emissionsspitzen traten bei Freilanduntersuchungen regelmäßig nach Niederschlägen auf Ackerflächen (DOBBIE et al. 1999, FLESSA et al. 1995), auf Grünlandstandorten (CLAYTON et al. 1994) sowie nach Beregnungsmaßnahmen (MOSIER und HUTCHINSON 1981) auf. MOSIER et al. (1986) führten die erhöhten N_2O -Flussraten nach Niederschlägen auf eine erhöhte Denitrifikation infolge einer verminderten Bodenbelüftung zurück. Extrem hohe N_2O -Flüsse traten auf, wenn der Boden vor dem Niederschlagsereignis stark abgetrocknet war (FIRESTONE und DAVIDSON 1989). Gründe für die hohen Emissionsspitzen nach Wiederbefeuchtung sind neben der Erhöhung des Wassergehalts auch die reduzierten Infiltrationsraten trockenen Bodens nach Niederschlag sowie die Anreicherung mikrobiell leicht verfügbaren Kohlenstoffs während des Trocknens des Bodens (KALBITZ et al. 2000).

3 Lachgasemissionen aus ökologisch bewirtschafteten Flächen

Der ökologische Landbau gilt hinsichtlich der N_2O -Emissionen als bislang wenig erforscht. Eine aktuelle Literaturrecherche hat gezeigt, dass von insgesamt über 2200 redigierten Veröffentlichungen zur N_2O -Freisetzung aus Böden lediglich 35 Publikationen zur Kombination der Suchbegriffe N_2O , Boden und ökologischer Landbau gefunden wurden.