

# Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden

KTBL-Schrift 483  
KTBL- / vTI-Tagung  
8.–10. Dezember 2010



Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz



Johann Heinrich  
von Thünen-Institut

## Konzeption

Helmut Döhler, Dr. Sebastian Wulf | Kuratorium für Technik und Bauwesen  
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt

## Programmkommission

PD Dr. Klaus Dittert | Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Prof. Dr. Heiner Flessa | Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)  
Prof. Dr. Hermann Kuhlmann | YARA GmbH & Co. KG  
Dr. Rainer Ruser | Universität Hohenheim

## Projektbetreuung

Susanne Döhler | KTBL

## Finanzielle Förderung

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

© 2010

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)  
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt  
Telefon +49 (0) 6151 7001-0 | Fax +49 (0) 6151 7001-123  
E-Mail: [ktbl@ktbl.de](mailto:ktbl@ktbl.de) | <http://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 Vervielfäl-  
tigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektro-  
nischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

## Lektorat

Christine Weidenweber, VERBENE | Weibersbrunn  
Susanne Döhler | KTBL

## Redaktion

Dr. Sebastian Wulf, Susanne Döhler | KTBL

## Titelfoto

Susanne Döhler | KTBL

## Vertrieb

KTBL | Darmstadt

## Druck

Druckerei Lokay | Reinheim

ISBN 978-3-941583-45-0

Printed in Germany

## Vorwort

Die Minderung von Emissionen ist ein wichtiges Ziel zur Luftreinhaltung und der Ein-  
dämmung des Klimawandels. In mehreren internationalen Vereinbarungen ist Deutsch-  
land Verpflichtungen hierzu eingegangen. Zu diesen gehört es auch, in regelmäßigem  
Turnus über die Emissionen klimawirksamer Gase und anderer umweltbelastender Kom-  
ponenten aller Verursacherbereiche Bericht zu erstatten. Das von Thünen-Institut und  
das KTBL haben die Erstellung der für die Landwirtschaft notwendigen Inventare über-  
nommen und stehen der Politik beratend zur Verfügung. Essentielle Grundlage zur Be-  
rechnung von Inventaren und zur Abschätzung von Minderungsmöglichkeiten von  
Emissionen sind wissenschaftliche Daten über die Relevanz von Quellen und Senken und  
die Auswirkung von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Emissionen.

Mit der seit 1990 regelmäßig stattfindenden Tagung „Emissionen der Tierhaltung“  
bietet das KTBL eine Plattform zum Informations- und Erfahrungsaustausch zwischen  
Wissenschaft, Forschung, Beratung und Politik. Hierdurch wurde und wird dazu beige-  
tragen, Emissionen der Tierhaltung besser zu quantifizieren, Minderungsmaßnahmen  
abzuschätzen und Kenntnislücken aufzuzeigen. Während die Emissionen aus der Tier-  
haltung bereits vergleichsweise gut quantifizierbar sind, ist die Höhe der Emissionen  
aus Böden noch mit großen Unsicherheiten behaftet, so dass für die Berechnung von  
Inventaren für die Berichterstattung noch sehr allgemeine Beziehungen zwischen Stoff-  
einträgen oder Bewirtschaftungsmaßnahmen und den daraus resultierenden Emissionen  
verwendet werden.

Mit der diesjährigen Tagung zu „Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden“  
auf Kloster Banz werden nun auch für die Emissionen aus Böden der Stand des Wis-  
sens, die Strategien und praktischen Lösungsansätze sowie Erkenntnisse zu den grund-  
legenden, die Emissionen aus Böden beeinflussenden Faktoren aufgezeigt. Neben den  
Erkenntnissen zur besseren Abschätzung der Emissionshöhen und der Möglichkeiten zur  
Emissionsminderung werden die zu Tage tretenden Wissenslücken helfen, weiteren For-  
schungsbedarf zu identifizieren.

Die vorliegende Veröffentlichung enthält die schriftliche Fassung der Vorträge und  
Poster. Unser Dank gilt der Programmkommission für die engagierte Unterstützung bei  
der Konzeption der Veranstaltung, den Referenten und Moderatoren sowie allen, die  
durch ihr Mitwirken die Durchführung der Tagung und die Herausgabe dieser KTBL-  
Schrift ermöglicht haben.

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

DR. HEINRICH DE BAËY-ERNSTEN  
Hauptgeschäftsführer

## Inhalt

Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden im Rahmen der deutschen Klimaberichterstattung HANS-DIETER HAENEL, ANNETTE FREIBAUER, CLAUS RÖSEMANN, EIKE PODDEY, ANDREAS GENSIOR, BRIGITTE EURICH-MENDEN, HELMUT DÖHLER.....	11
Effizienz der mineralischen Stickstoffdüngung GERHARD BAUMGÄRTEL .....	26
Stickstoffeffiziente und umweltschonende organische Düngung REINHOLD GUTSER, THOMAS EBERTSEDER, MARTINE SCHRAML, SABINE VON TUCHER, URS SCHMIDHALTER.....	31
Ammoniakemissionen organischer Düngemittel HELMUT DÖHLER, DIETER HORLACHER .....	51
Ammoniakemissionen nach Ausbringung von Gärresten im Vergleich zu GülLEN ANDREAS PACHOLSKI, DIRK GERICKE, KANG NI, HENNING KAGE.....	72
Ammoniakemissionen mineralischer Düngemittel – Einflussfaktoren, Ausmaß und Möglichkeiten zur Reduzierung MICHAEL BASTEN.....	83
Ammoniakemissionen aus Mineraldüngern – Versuchsergebnisse auf mitteleuropäischen Standorten URS SCHMIDHALTER, MARTINE SCHRAML, ANDREAS WEBER, REINHOLD GUTSER .....	92
Lachgasemissionen landwirtschaftlich genutzter Böden – Stand des Wissens HEINER FLESSA .....	103
Möglichkeiten zur Minderung der Lachgasfreisetzung aus landwirtschaftlich genutzten Böden bei mineralischer Stickstoffdüngung REINER RUSER.....	109
Stickstoffmonoxidemission aus dem Boden und zugrunde liegende Prozesse CLAUS FLORIAN STANGE .....	121
Atmosphärische Deposition von Stickstoff in Waldökosystemen als Quelle für indirekte Lachgasemissionen RAINER BRUMME, NADINE EICKENSCHIEDT .....	132

Auswaschung von Stickstoff als Quelle indirekter Lachgasemissionen aus aquatischen Systemen REINHARD WELL, DANIEL WEYMANN, HEINER FLESSA.....	140
Prozessorientierte Modellierung von ökosystemaren Stickstoffflüssen und assoziierten Treibhausgasemissionen KLAUS BUTTERBACH-BAHL, RALF KIESE, EDWIN HAAS.....	151
Regionalisierung und Differenzierung von Emissionsfaktoren HERMANN F. JUNGKUNST .....	163
Klimaschutz durch Moorschutz – Resultate eines aktuellen Verbundvorhabens MATTHIAS DRÖSLER, JÜRGEN AUGUSTIN, LINDSEY BERGMANN, CHRISTOPH FÖRSTER, ANNETTE FREIBAUER, MICHAEL GIEBELS, MARIA HAHN-SCHÖFL, HEINRICH HÖPER, JOCHEN KANTELHARDT, LENA SCHALLER, MICHAEL SOMMER, MARC WERHAHN .....	170
Einfluss der Landnutzung auf die Klimawirkung gestörter Niedermoore – Beispiele für sehr unterschiedliche Wirkungen JÜRGEN AUGUSTIN.....	173
Kohlenstoffbilanz der Landnutzung in Europa – Ergebnisse aus dem CarboEurope-Projekt ANNETTE FREIBAUER.....	176
Kohlenstoffsequestrierung in landwirtschaftlichen Böden – eine kritische Betrachtung JENS LEIFELD .....	182
Biokohle in Böden: Kohlenstoff-Sequestrierungsoption und Veränderung der Lachgasemissionen nach Biokohleapplikation CLAUDIA KAMMANN .....	192
Die Treibhausgasbilanz am Agrarstandort Gebesee CHRISTIAN BRÜMMER, RENÉ DECHOW, CATHARINA DON, ANNETTE FREIBAUER, ERNST-DETLEF SCHULZE, WALDEMAR ZIEGLER, OLAF KOLLE, WERNER L. KUTSCH.....	208
Modellierung von Kohlenstoffdioxid-, Lachgas- und Methanemissionen, Energieaufwand und Kosten verschiedener Düngestrategien UWE HÄUSSERMANN, HELMUT DÖHLER .....	221
Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Betriebssysteme KURT-JÜRGEN HÜLSBERGEN, HARALD SCHMID .....	229

„Carbon Footprint“ der Weizenproduktion bei unterschiedlichem Stickstoff-Düngungsmanagement FRANK BRENTRUP.....	245
Direkte Lachgasemissionen landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland: Anwendung und Vergleich empirischer Modelle RENÉ DECHOW, ANNETTE FREIBAUER.....	258
Multiskalige Wasserhaushaltsmodellierung als Basis für die Abschätzung von Treibhausgasemissionen aus organischen Böden in Deutschland BÄRBEL TIEMEYER, ENRICO FRAHM, RENÉ DECHOW, ANNETTE FREIBAUER.....	263
Eine Inventur der landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands zur Treibhausgasberichterstattung CLEMENS SIEBNER, ANDREAS GENSIOR, ANETTE FREIBAUER, HEINER FLESSA.....	267
Grünlandumbruch, Grünlanderneuerungsumbruch, Etablierung von Grünland (GURU) GRETA ROTH, ANDREAS GENSIOR, MIRJAM HELFRICH, REINHARD WELL, ANNETTE FREIBAUER, HEINER FLESSA.....	271
Lachgasemissionen von einem schnittgenutzten Grünland unter Berücksichtigung von Narbenalter und Düngung THORSTEN BIEGEMANN, RALF LOGES, SHIMENG CHEN, KLAUS DITTERT, KARL-HEINZ MÜHLING, FRIEDHELM TAUBE.....	275
Einfluss von Stickstoffdüngung und hohen Radlasten auf Lachgasemissionen und Ertrag von Grünland MARIA SCHMEER, KLAUS DITTERT, RALF LOGES, MEHMET SENBAYRAM, FRIEDHELM TAUBE .....	279
Lachgasemissionen nach der Ausbringung von Rinder- und Schweineflüssigmist auf Dauergrünland GERHARD MOITZI, BARBARA AMON, VITALIY KRYVORUCHKO, THOMAS AMON, JOSEF BOXBERGER .....	284
Treibhausgas- und Ammoniakemissionen nach Ausbringung verschiedener Gärrückstände und tierischer Gülle in Emilia-Romagna, Italien ULRIKE WOLF, ANNETTE FREIBAUER, HEINER FLESSA.....	288
Beitrag von Stickstoffdüngung und Ernterückständen zu den Lachgasemissionen einer Gemüsebaufläche HELENA PFAB, FRANZ BUEGGER, IRIS PALMER, SABINE FIEDLER, TORSTEN MÜLLER, REINER RUSER.....	292

Lachgaskonzentrationen im Sickerwasser eines gemüsebaulich genutzten Ackerbodens IRIS PALMER, SABINE FIEDLER, HELENA PFAB, REINER RUSER, FRANZ BUEGGER, TORSTEN MÜLLER .....	298
Klassifizierung von potenziellen indirekten Lachgasemissionen und Lachgaskonzentrationen im Grundwasser unter Berücksichtigung relevanter Steuergrößen der Denitrifikation DANIEL WEYMANN, LEX BOUWMAN, REINHARD WELL, HEINRICH HÖPER, KNUT MEYER, HEINER FLESSA.....	303
Lachgasemission und Trockenmasseertrag aus Biogasproduktionssystemen auf einem Marschstandort Norddeutschlands ANNA TECHOW, KLAUS DITTERT, MEHMET SENBAYRAM, ROBERT QUAKERNACK, ANDREAS PACHOLSKI, HENNING KAGE, FRIEDHELM TAUBE, ANTJE HERRMANN.....	308
Vergleich der Treibhausgasemissionen beim Anbau verschiedener Energiepflanzen – Ergebnisse über sieben Monate aus einem Feldversuch MARTIN GAUDER, KLAUS BUTTEBACH-BAHL, WILHELM CLAUPEIN, SIMONE GRAEFF-HÖNNINGER, RALF KIESE, REGINA WIEGEL .....	312
Kurzumtriebsplantagen zur Erhöhung der Stickstoffeffizienz ANDREAS FÄHRNICH, MARTIN KAUPENJOHANN.....	319
Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden in der multimedialen Stickstoffemissionsminderungsstrategie des Umweltbundesamtes GABRIELE WECHSUNG, MARKUS GEUPEL, RÜDIGER HOFMANN, TILL SPRANGER.....	323
Die Stickstoffbilanz der deutschen Landwirtschaft (1990–2008) unter Berücksichtigung insbesondere von Landnutzungsänderungen (LUC) vornehmlich durch Energiepflanzenanbau und -verwertung KLAUS ISERMANN, RENATE ISERMANN .....	328
Neues EU-Projekt zur Treibhausgasbilanz Europas: GHG-Europe AXEL DON, BARBARA MICHEL, ANNETTE FREIBAUER .....	333
Kohlenstoff- und Treibhausgasbilanzen europäischer Agrarstandorte WERNER L. KUTSCH UND DAS CARBOEUROPE CROPLAND TEAM.....	338
Kohlenstoffdioxideinsparpotenziale in der Landwirtschaft – dargestellt am Beispiel eines Marktfruchtbetriebs SVEN GREBE, SEBASTIAN WULF, HELMUT DÖHLER .....	343
Einfluss der Rinderhaltung auf die Methanemission landwirtschaftlicher Böden ANDREAS GATTINGER, JEAN CHARLES MUNCH, MICHAEL SCHLOTER.....	348

Rückwirkungen des Einsatzes von Pflanzenschutzmittel auf energetische Parameter und potenzielle Treibhausgasemissionen beim Anbau von Winterweizen WOLFGANG HEYER, GERHARD HARTMANN, PETER DEUMELANDT, OLAF CHRISTEN .....	352
Der Nitrifikationsinhibitor DMPP beeinflusst in Boden und Rhizosphäre Ammonium-oxidierende Bakterien, aber keine Archaeen KRISTINA KLEINEIDAM, KRISTINA KOŠMLJ, SUSANNE KUBLIK, IRIS PALMER, HELENA PFAB, SABINE FIEDLER, MICHAEL SCHLOTER.....	357
Wirkung eines Nitrifikationsinhibitors und einer Strohdüngung auf die Freisetzung klimarelevanter Gase nach Gärrestapplikation FRIEDHELM HERBST, JÜRGEN AUGUSTIN, WOLFGANG GANS.....	359
Isotopomere – eine Methode zur Aufklärung von Prozessen der Lachgasbildung in Böden ANETTE GIESEMANN, REINHARD WELL, HEINER FLESSA .....	364
TRANC – Ein neues Messsystem zur Erfassung des gesamten reaktiven atmosphärischen Stickstoffs CHRISTIAN BRÜMMER, OLIVER MARX, DIRK LEMPIO, CATHARINA DON, WERNER L. KUTSCH, CHRISTOF AMMANN, ANNETTE FREIBAUER .....	369
Anschriften der Autoren.....	374
KTBL-Veröffentlichungen.....	381
aid-Veröffentlichungen.....	384



## Lachgasemissionen landwirtschaftlich genutzter Böden – Stand des Wissens

HEINER FLESSA

### 1 Steuerung der Lachgasemission aus Böden

Böden sind die wichtigste Quelle für das klimawirksame Spurengas  $N_2O$  (Lachgas), das sowohl zum Treibhauseffekt beiträgt als auch den Abbau von Ozon in der Stratosphäre beschleunigt. Die  $N_2O$ -Emissionen aus den Böden haben ihren Ursprung im Wesentlichen in zwei Prozessen, die durch Bodenbakterien verursacht werden, der Nitrifikation und der Denitrifikation (Abb. 1). Die Höhe der  $N_2O$ -Freisetzung wird sowohl von den Prozessraten der Nitrifikation und Denitrifikation als auch vom relativen Stickstoffanteil, der während dieser Prozesse als  $N_2O$  freigesetzt wird, bestimmt. Während durch den aeroben Prozess der Nitrifikation  $N_2O$  nur gebildet, aber nicht verbraucht werden kann, können die unter Sauerstoffmangel aktiven, denitrifizierenden Bakterien  $N_2O$  sowohl produzieren (Reduktion von Nitrit zu  $N_2O$ ) als auch verbrauchen (Reduktion von  $N_2O$  zu  $N_2$ ). Da Nitrifikation und Denitrifikation im Boden aufgrund kleinräumig unterschiedlicher Redoxbedingungen nebeneinander ablaufen können, ist die exakte Zuordnung der  $N_2O$ -Produktion zu einem dieser Prozesse oft nicht möglich.

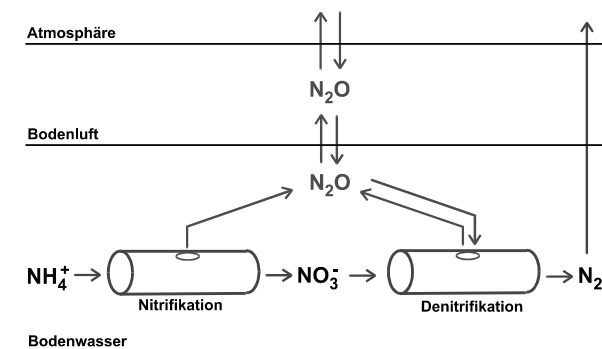


Abb. 1: Bildung und Verbrauch von  $N_2O$  in Böden (nach Davidson 1991)

Neben diesen beiden Hauptprozessen der  $N_2O$ -Bildung kann  $N_2O$  in Böden auch im Zuge der Nitrifizierer-Denitrifikation, der assimilatorischen und dissimilatorischen Nitratreduktion sowie der Chemodenitrifikation gebildet werden. Die wichtigsten Steuergrößen der  $N_2O$ -Bildung und Emission sind die Verfügbarkeit von Nitrat und Ammonium

im Boden, die  $O_2$ -Verfügbarkeit sowie Verfügbarkeit von mikrobiell leicht verwertbarer organischer Substanz. Die Wirkung von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die  $N_2O$ -Emission steht primär im Zusammenhang mit der Beeinflussung dieser Steuergrößen.

## 2 Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland

Die Emission von  $N_2O$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden zählt zu den wichtigsten Bilanzgrößen der Inventarisierung von Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft. Bedeutsam sind sowohl direkte Emissionen aus den Produktionssystemen als auch indirekte  $N_2O$ -Emissionen, die durch gelöste und gasförmige Austräge reaktiver N-Verbindungen verursacht werden. Beide Bereiche zählen zu den Hauptquellgruppen der deutschen Emissionsberichterstattung. In Abbildung 2 ist die Höhe der  $N_2O$ -Emission aus der Landwirtschaft differenziert nach Quellbereichen, die im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung bewertet werden, für die Jahre 1990–2008 dargestellt (NIR, 2010). Im Jahr 2008 lag die Gesamtemission bei 132 Gg  $N_2O$  (= 40920 Gg  $CO_2$ -Äquivalente; berechnet für ein spezifisches Treibhauspotenzial von  $N_2O$  von 310) was einem Anteil an der Gesamtemission von Treibhausgasen in Deutschland von rund 4 % entspricht. Die Landwirtschaft ist mit Abstand der größte Emittent für  $N_2O$  in Deutschland. Die Emissionen stellen ca. 70 % der nationalen  $N_2O$ -Gesamtemission. In der Darstellung sind Emissionen aus der Bereitstellung von Betriebsmitteln (z.B. Düngemittelherstellung) oder dem Einsatz von Importfuttermitteln nicht enthalten.

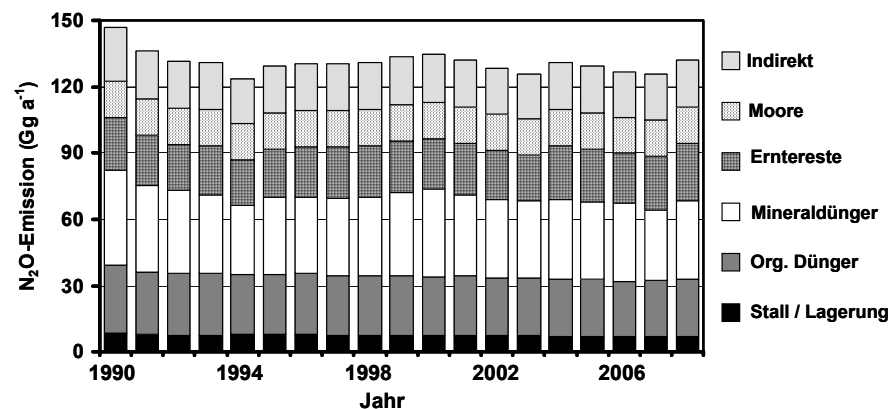


Abb. 2:  $N_2O$ -Emission aus der Landwirtschaft in Deutschland in den Jahren 1990–2008 differenziert nach verschiedenen Quellbereichen (nach NIR 2010)

Die Quelldifferenzierung der  $N_2O$ -Emissionen zeigt deutlich, dass bodenbürtige Emissionen den weitaus größten Anteil an der  $N_2O$ -Gesamtemission haben und dass die Höhe der  $N_2O$ -Emission maßgeblich durch das N-Management beeinflusst ist (Ausbringung organischer und mineralischer Dünger, Einarbeitung von Ernteresten). Weiterhin treten auch im Zuge des Humusabbaus  $N_2O$ -Emissionen auf (z.B. landwirtschaftlich genutzte Moorböden). Die Höhe des N-Eintrags, bzw. im Falle des Humusabbaus der N-Mobilisierung, sind damit die entscheidenden Faktoren für die Berechnung der Höhe der  $N_2O$ -Emission. Entsprechend der Vorgaben für die nationale Emissionsberichterstattung wird derzeit von einer direkten  $N_2O$ -N-Emission in Höhe von 1,25 % des N-Eintrags ausgegangen.

Insgesamt ist die  $N_2O$ -Emission aus der Landwirtschaft seit 1990 um rund 10 % gesunken, was in erster Linie auf den landwirtschaftlichen Strukturwandel in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung zurückzuführen ist.

## 3 Datengrundlage und aktuelle Forschungsfragen

Zusammenfassende Auswertungen zur Höhe der  $N_2O$ -Emission aus landwirtschaftlich genutzten Böden und den wichtigsten Steuergrößen wurden von STEHFEST und BOUWMAN (2006) basierend auf einer weltweiten Literaturanalyse erstellt, FREIBAUER (2003) integrierte europäische Datensätze zur  $N_2O$ -Emission aus Agrarböden und JUNGKUNST et al. (2006) veröffentlichten eine Synthese der Daten zur  $N_2O$ -Emission aus landwirtschaftlich genutzten Böden in Deutschland. Als wichtige Standorteigenschaften, die die Höhe der  $N_2O$ -Emission beeinflussen, wurden Klimafaktoren (Niederschlag, Temperatur, Frostperioden) sowie Eigenschaften des Oberbodens (Textur, Humusgehalt, Stickstoffgehalt, pH-Wert) identifiziert. Der wichtigste Bewirtschaftungsfaktor, der das Ausmaß der  $N_2O$ -Emission bestimmt, ist die Höhe des N-Eintrags. Weiterhin sind alle Maßnahmen relevant, die die Prozesse der Bildung und des Verbrauchs von Ammonium und Nitrat beeinflussen. Die Wirkung des N-Eintrags auf die  $N_2O$ -Emission wird erheblich durch Standortfaktoren beeinflusst. Die Annahme eines einheitlichen, mittleren  $N_2O$ -Emissionsfaktors für eingetragene N-Mengen ist ein praktikabler Ansatz zur Erfassung von bodenbürtigen  $N_2O$ -Emissionen auf nationaler Ebene (siehe Punkt 2), für eine regional oder lokal differenzierte Bewertung der Emissionen ist dieser Ansatz jedoch unzureichend.

In Deutschland liegen die gemessenen  $N_2O$ -Emissionen landwirtschaftlicher Böden zwischen < 0,5 und ca. 17 kg  $N_2O$ -N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (JUNGKUNST et al. 2006). Abbildung 3 zeigt die Verteilung der 27 Standorte in Deutschland, an denen Ergebnisse von ganzjährigen Freilandmessungen zur  $N_2O$ -Emission vorliegen (Stand 2006, JUNGKUNST et al. 2006). Die Ergebnisse aus Deutschland zeigen, dass die relativ niederschlagsarmen Standorte in

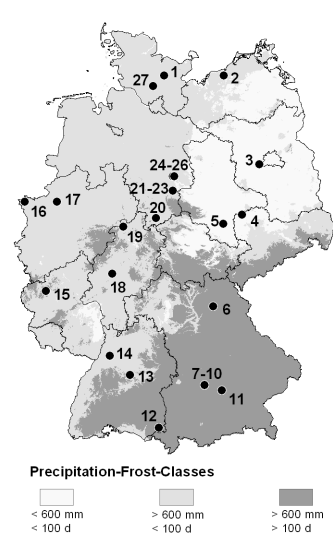


Abb. 3: Standorte in Deutschland mit ganzjährigen Messungen zur  $N_2O$ -Emission aus landwirtschaftlich genutzten Böden (aus Jungkunst et al. 2006). Die Grauschattierung kennzeichnet Regionen mit unterschiedlichen Jahresniederschlägen und Frosttagen

Ostdeutschland ein niedriges  $N_2O$ -Emissionsniveau aufweisen und die höchsten Emissionen an Standorten mit hohen Niederschlägen, ausgeprägten Frostperioden im Winter und feiner Bodentextur zu finden sind. Dieses Muster findet sich auch in neuesten Arbeiten zur Modellierung der  $N_2O$ -Emission aus den Agrarböden in Deutschland (Abbildung 4; DECHOW und FREIBAUER 2010 in diesem Tagungsband).

Trotz der relativ großen Anzahl von Messreihen zur  $N_2O$ -Emission besteht in mehreren Bereichen des Themenkomplexes „ $N_2O$ -Emission landwirtschaftlicher Böden“ nach wie vor Forschungsbedarf, um Kenntnislücken in den Prozesszusammenhängen der  $N_2O$ -Emission sowie in den Ursache-Wirkungsketten des Zusammenspiels von Bewirtschaftungsmaßnahmen und Standortfaktoren auf die  $N_2O$ -Emission zu schließen. Dies ist einerseits erforderlich für eine wissenschaftlich fundierte Bewertung der Klimawirksamkeit von Produktionssystemen und andererseits ist es eine wichtige Basis für die Entwicklung und Präzisierung von Standort- und Betriebstyp-optimierten Emissionsminderungsmaßnahmen. In der nachfolgenden Aufstellung, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, sind aktuelle Forschungsthemen zur  $N_2O$ -Emission aus Agrarböden zusammengestellt.

- Regionalisierung und Modellierung der  $N_2O$ -Emission aus Agrarböden
- Quantifizierung der  $N_2O$ -Reduktion und der  $N_2$ -Bildung unter Feldbedingungen

$N_2O$ -N-Emission (Acker)  
gemittelt für 1990 bis 1999  
( $kg\ ha^{-1}\ a^{-1}$ )

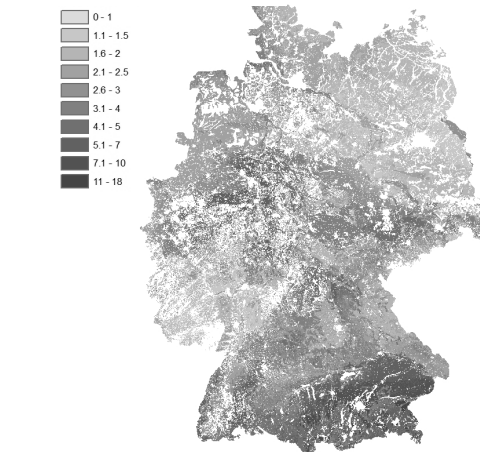


Abb. 4: Modellierte  $N_2O$ -Emission aus Ackerböden in Deutschland unter Berücksichtigung der Variabilität von Klima, Bodeneigenschaften, N-Eintrag und Kultur (Dechow und Freibauer 2010; in diesem Tagungsband)

- Einfluss der Kultur-, Fruchtfolge und Düngerart auf die  $N_2O$ -Emission
- Einfluss neuer Dünger und Düngeverfahren auf die  $N_2O$ -Emission
- Rückkopplung der Humusanreicherung in Böden auf die  $N_2O$ -Emission
- Wirkung des Humusabbaus auf die  $N_2O$ -Emission
- Höhe indirekter  $N_2O$ -Emissionen durch Austräge reaktiver N-Verbindungen
- Standort- und Betriebstyp-optimierte Emissionsminderungsmaßnahmen

#### 4 Minderung der Lachgasemission

Die Landwirtschaft kann sowohl die direkten als auch die indirekten Emissionen von  $N_2O$  deutlich senken. Bei der Bewertung von Emissionsminderungsmaßnahmen sollten sowohl das Minderungspotenzial der Maßnahme als auch ihre mögliche Ertragswirksamkeit sowie die Kosten der Maßnahme berücksichtigt werden. Weiterhin gilt es, mögliche positive oder negative Nebeneffekte auf die Umwelt sowie auf Strukturen des ländlichen Raumes in die Bewertung einzubeziehen.

Für die Landwirtschaft stellt sich die Herausforderung, die Produktionsprozesse unter Berücksichtigung des Klimaschutzes zu optimieren. Dies bedeutet für den Landwirt, dass die Emissionen bezogen auf den Ertrag verringert werden müssen. Die Systembewertung von Produktionsverfahren sollte jedoch nicht nur auf der Basis einer einzelnen klimawirksamen Substanz erfolgen, sondern es müssen alle klima- und umweltrelevanten Emissionen einbezogen werden.

Der zentrale Ansatzpunkt für die Minderung der  $N_2O$ -Emission ist die Steigerung der N-Effizienz in der landwirtschaftlichen Produktion. Dies gilt für alle Produktionsbereiche und schließt die Vermeidung von N-Überschüssen bei der Fütterung ebenso ein wie die Vermeidung von N-Überschüssen in der pflanzlichen Produktion und die Verminderung umweltbelastender N-Austräge (z.B.  $NH_3$ -Emissionen,  $NO_3$ -Auswaschung), die zu indirekten  $N_2O$ -Emissionen führen. Auch N-Verluste, die keine direkte Umweltwirksamkeit aufweisen (z.B.  $N_2$ -Freisetzung), sollten minimiert werden, da sie die N-Effizienz der Produktion deutlich verringern können. Eine effizientere Verwertung des Stickstoffs in der Landwirtschaft verringert nicht nur die  $N_2O$ -Emission, sie hat gleichzeitig zahlreiche andere positive Umweltwirkungen (z.B. Minderung der  $NH_3$ -Emission und der Nitrat-auswaschung) und kann im Falle der Einsparung von Handelsdünger auch betriebswirtschaftlich vorteilhaft sein. Die N-Flächenbilanz der Landwirtschaft in Deutschland zeigt, dass besonders in Regionen mit intensiver Veredelungswirtschaft und einem hohen Aufkommen an Wirtschaftsdünger ein großes Potenzial zur Steigerung der N-Effizienz besteht. Eine Verbesserung der Inwertsetzung der Wirtschaftsdünger im Zuge eines effizienten Nährstoffrecyclings ist hier eine zentrale Maßnahme zur  $N_2O$ -Emissionsminde