



Hans Eisenmann-Zentrum

5. Agrarwissenschaftliches Symposium

25. September 2014

Agrarische Stoffkreisläufe

Nährstoffmanagement – Umweltschutz - Ressourceneffizienz

Tagungsband



Impressum

Herausgeber:
Hans Eisenmann-Zentrum
Zentralinstitut für Agrarwissenschaften der Technischen Universität München
Liesel-Beckmann-Str. 2
85354 Freising
Tel: +49.8161.71.3464
Fax: +49.8161.71.2899
E-mail: Hans-Eisenmann-Zentrum@wzw.tum.de
Internet: www.hez.wzw.tum.de

Direktor:
Prof. Dr. Wilhelm Windisch

Redaktion:
Claudia R. Luksch



Prof. Dr. Wilhelm Windisch
Geschäftsführender Direktor
Zentralinstitut Hans Eisenmann-Zentrum für
Agrarwissenschaften

Vorwort

Es ist bereits das fünfte Mal, dass das Zentralinstitut Hans Eisenmann-Zentrum der Technischen Universität München im Herbst das Agrarwissenschaftliche Symposium abhält. Die Symposien greifen landwirtschaftliche Themen von öffentlicher Relevanz auf, lassen sie in einem wissenschaftsbasierten Umfeld von Fachleuten aufbereiten und stellen sie zur allgemeinen Diskussion. Besonders wichtig ist dabei der unmittelbare Austausch von Fragestellungen und Lösungsansätzen zwischen Forschung und Praxis.

In diesem Jahr stehen die agrarischen Stoffkreisläufe im Fokus des Symposiums. Die moderne Landwirtschaft muss nachhaltige Lösungswege zwischen den berechtigten Anforderungen des Klima-, Umwelt-, Boden-, Wasser- und Tierschutzes und der Bereitstellung qualitativ hochwertiger und sicherer Agrarprodukte für die Ernährung von Menschen und Nutztieren, für die stoffliche Verwertung in industriellen Prozessen sowie für die Gewinnung von Energie suchen. Die wachsende Nachfrage nach Agrarprodukten und die damit verbundene Steigerung ihrer Erzeugung verstärkt die Fülle von Stoffströmen in die Umwelt, die mit landwirtschaftlichen Aktivitäten unweigerlich verbunden sind. Stichworte wie Stickstoff, Phosphor, Schwermetalle, Grundwasser, Treibhausgase und Gülleverordnung sind in diesem Zusammenhang häufig zu hören und werden in der Öffentlichkeit zum Teil kontrovers diskutiert.

Das 5. Agrarwissenschaftliche Symposium „Agrarische Stoffkreisläufe“ greift diese Themenbereiche aus der Sicht des Nährstoffmanagements, des Umweltschutzes und der Ressourceneffizienz auf. Vorträge und Posterpräsentationen liefern fachkompetente und detaillierte Betrachtungen aus den vielgestaltigen Blickwinkeln und Skalenebenen dieses komplexen Themas.

Ich freue mich, Sie zum diesjährigen Agrarwissenschaftlichen Symposium des Hans Eisenmann-Zentrums in Weihenstephan begrüßen zu dürfen und wünsche Ihnen einen angenehmen Aufenthalt sowie spannende und erkenntnisreiche Vorträge.



Das **Zentralinstitut Hans Eisenmann-Zentrum für Agrarwissenschaften** verbindet die **agrarwissenschaftlich** orientierten Professuren der Technischen Universität München. Schwerpunkte sind die Vernetzung der agrarwissenschaftlichen Forschung, die Initiierung gemeinsamer Forschungsvorhaben und die Förderung der agrarwissenschaftlichen Fortbildung für Wissenschaftler, Studierende, Praktiker und Experten der Agrarwirtschaft.

Programm

Begrüßung

- **09:15**
Prof. Dr. Wilhelm Windisch
*Direktor des Hans Eisenmann-Zentrums
Technische Universität München*

Einführung

- **09:45 – 10:45**
Prof. Dr. Hans-Georg Frede
*Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement
Justus-Liebig-Universität Gießen
Beirat Hans Eisenmann-Zentrum für Agrarwissenschaften der TUM*
Probleme in den Nährstoffbilanzen- eine Herausforderung für die Zukunft
- **10:45 – 11:15 Kaffeepause/Postersession**

„Betriebsebene“

- **11:15 – 11:45**
Prof. Dr. Friedhelm Taube
*Abteilung Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau
Christian-Albrecht-Universität Kiel*
**Nährstoffflüsse im Milchvieh-Futterbaubetrieb –
Optimierungspotentiale im Hinblick auf eine novellierte Düngeverordnung**
- **11:45 – 12:15**
Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen
*Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme
Technische Universität München*
Modellgestützte Analyse und Optimierung betrieblicher Stoffkreisläufe
- **12:15 – 14:15 Mittagspause/Postersession**

“Stoffströme und Steuerinstrumente in Stall und Feld”

- **14:15 – 14:45**
Prof. Dr. Hubert Spiekers
*Institut f. Tierernährung und Futterwirtschaft
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft*
Nährstoffanfall bei Nutztieren steuern

- **14:45 – 15:15**
Prof. Dr. Urs Schmidhalter
*Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Technische Universität München*
Wirtschaftsdünger – die Quadratur des Kreises

15:15 – 16:00 Kaffeepause/Postersession

“Lösungsansätze, Technologien, Potentialbetrachtungen”

- **16:00 – 16:30**
Dr. Hans-Heinrich Kowalewsky
*Leiter Fachbereich Energie, Bauen, Technik
Landwirtschaftskammer Niedersachsen*
Wirtschaftsdünger – überregional verwerten

- **16:30 – 17:00**
Prof. Dr. Dr. h.c. Alois Heißenhuber
M.Sc. P. Schießl, Dr. Ch. Krämer
Technische Universität München
Nachhaltige Intensivierung – leeres Schlagwort oder hilfreiches Konzept?

- **17:00 – 17:30**
Dr. Alexander Malcharek
*Ministerialrat
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*
Novellierung der Düngeverordnung

Schlusswort

- **17:30**
Prof. Dr. Wilhelm Windisch

Abstracts Vorträge

Inhaltsverzeichnis Vorträge

Probleme in den Nährstoffbilanzen – eine Herausforderung für die Zukunft <i>Prof. Dr. Hans-Georg Frede</i>	7
Nährstoffflüsse im Milchvieh-Futterbaubetrieb- Optimierungspotentiale im Hinblick auf eine novellierte Düngeverordnung <i>Prof. Dr. Friedhelm Taube</i>	11
Modellgestützte Analyse und Optimierung betrieblicher Stoffkreisläufe <i>Prof. Dr. Kurt Jürgen Hülsbergen</i>	15
Nährstoffanfall bei Nutztieren steuern <i>Prof. Dr. Hubert Spiekers</i>	19
Wirtschaftsdünger – die Quadratur des Kreises <i>Prof. Dr. Urs Schmidhalter</i>	25
Wirtschaftsdünger – überregional verwerten <i>Dr. Hans-Heinrich Kowalewsky</i>	29
Nachhaltige Intensivierung – leeres Schlagwort oder hilfreiches Konzept? <i>Prof. Dr. Dr. h.c. Alois Heißenhuber, Dr. Ch. Krämer, M.Sc. P. Schießl</i>	33
Novellierung der Düngeverordnung <i>Dr. Alexander Malcharek</i>	37



Prof. Dr. Hans-Georg Frede

Professur für Ressourcenmanagement, IFZ

Heinrich-Buff-Ring 26-32

35392 Gießen

E-Mail: hans-georg.frede@umwelt.uni-giessen.de

**Probleme in Nährstoffbilanzen –
eine Herausforderung für die Zukunft**

Prof. Dr. Hans-Georg Frede und Dr. Martin Bach

Nährstoffbilanzen für die Landwirtschaft sind in Wissenschaft, Agrar- und Umweltpolitik seit langem als vielseitiges Instrument anerkannt: Als naturale Größe gestatten sie es, den Ressourcenverbrauch abzuschätzen. Bilanzen bilden ein wichtiges Kontrollinstrument, um Emissionspotentiale in die Gewässer aufzuzeigen und nicht zuletzt werden Bilanzen innerbetrieblich zum Qualitätsmanagement herangezogen. Bei der Erstellung von Nährstoffbilanzen für die Landwirtschaft ist zwischen der *Gesamt-Bilanz* (synonym: Hof- oder Sektor-Bilanz) und ihren Komponenten *Flächen-Bilanz* (Bilanzierung für die Pflanzen- bzw. Bodenproduktion) und *Stall-Bilanz* (Bilanzierung für die tierische Erzeugung) zu unterscheiden. In den letzten Jahren hat außerdem die *Biogas-Bilanz* (Bilanzierung der Erzeugung von Energieträgern aus Biomasse) an Bedeutung gewonnen. Bei der Gesamt-Bilanz wird die Landwirtschaft als eine Einheit (der einzelne Betrieb ebenso wie die Landwirtschaft als volkswirtschaftlicher Sektor) betrachtet, die als Input Vorleistungen in Form von Mineraldünger, extern erzeugten Futtermitteln sowie weiteren Produkten bezieht und als Output pflanzliche und tierische Erzeugnisse vermarktet. Der Überschuss einer Bilanzeinheit entspricht der Differenz zwischen der N-Zufuhr und dem N-Entzug und charakterisiert die potenziellen Stickstoff-Verluste aus dieser Einheit.

In den nachfolgenden Ausführungen werden langjährige Bilanzen für Stickstoff und Phosphor vorgestellt und die bisherigen Entwicklungen einer Analyse unterzogen. Regional Unterschiede in den Bilanzen und daraus abzuleitende Konsequenzen werden aufgezeigt.

Stickstoff

Abbildung 1 zeigt die Stickstoffgesamtbilanzen für die LF Deutschlands. Die Bilanzen zeigen im Laufe der Jahre zwar Schwankungen auf, eine Tendenz der Abnahme von Überschüssen ist aber nur ansatzweise zu verzeichnen. Große Unterschiede in den einzelnen Jahren sind im Wesentlichen auf Ertragsunterschiede zurückzuführen. Die Stickstoffeffizienz zeigt dagegen bei gleichbleibenden Überschüssen eine leicht positive Tendenz auf.

Ein besonderes Problem stellen nach wie vor die viehstarken Regionen Deutschlands dar (in

Agrarische Stoffkreisläufe

Abbildung 1 nicht gezeigt). Bei insgesamt leicht zurückgehenden Viehzahlen für Gesamtdeutschland nimmt die Viehzahl in den bereits viehstarken Regionen Nordrhein-Westfalens und Niedersachsens nochmals deutlich zu, was sich auch in den regionalen Bilanzen niederschlägt. Diese Situation wird hier durch eine Konzentration der Biogasanlagen verschärft, vor allem dann, wenn Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft aus weiter entfernt liegenden Betrieben den Biogasanlagen zugeführt wird. Einen Anreiz bieten hierzu die derzeitigen Vergütungsregeln des EEG.

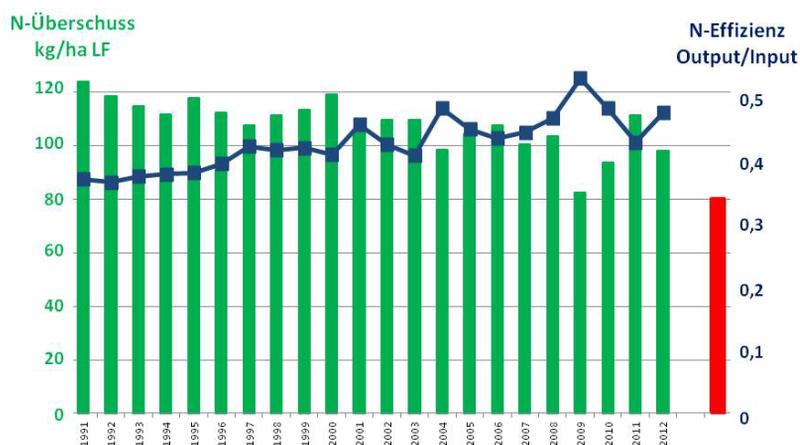


Abb.1: Stickstoffgesamtbilanz und Stickstoffeffizienz (1991 – 2012) für Deutschland (Datengrundlage: Berechnungen des Julius-Kühn-Instituts und eigene Berechnungen, siehe auch: <http://www.bmelv-statistik.de/index.php?id=139>)

Phosphor

P-Gesamtbilanzen für Deutschland liegen bis zum Jahr 2007 vor. Aus der Tatsache, dass sich die Tierbestände danach nicht wesentlich geändert haben, darf geschlossen werden, dass auch die P-Bilanzen für die letzten Jahre Überschüsse aufweisen. Jährliche Bilanzüberschüsse wurden in den Jahren 1990 bis 2007 abgebaut mit einem entsprechenden Anstieg der P-Effizienz. Von besonderer Bedeutung bei einer Analyse der P-Bilanzen der zurückliegenden Jahre ist die Anreicherung der Böden mit Phosphor. Eine große Herausforderung für die Wissenschaft muss es sein, diese in den Böden angereicherten P-Vorräte für die pflanzliche Versorgung heranzuziehen.

Agrarische Stoffkreisläufe

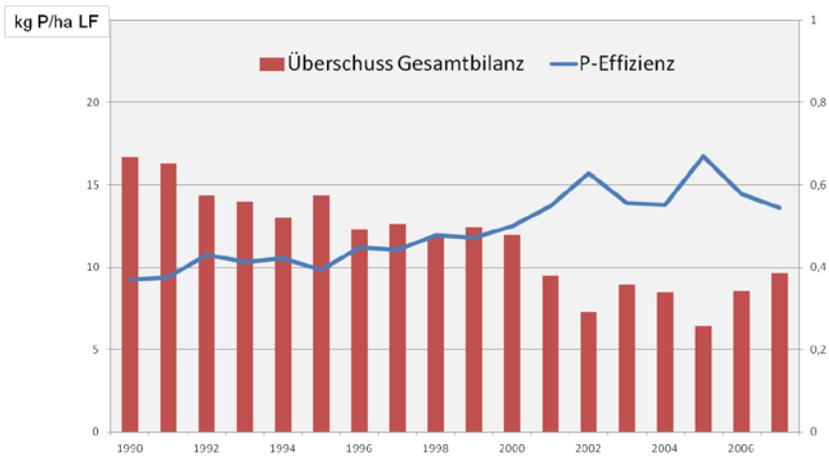


Abb.2:
Phosphor-Gesamtbilanz und P-Effizienz (1990 – 2007) für die Landwirtschaftliche Fläche Deutschlands
(Datengrundlage: Bach, eigene Berechnungen)

Literatur: Bach M., 2008. Nährstoffüberschüsse in der Landwirtschaft - Ergebnisse und methodische Aspekte. In: S. Fuchs, S. Fach, H.H. Hahn (Eds.); Stoffströme in Flussgebieten – Von der Bilanzierung zur Bewirtschaftung. Schriftenreihe SSW, Siedlungswasserwirtschaft
Karlsruhe, Bd. 128, 65-86.



Prof. Dr. Friedhelm Taube

Abtlg. F. Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

Nährstoffflüsse im Milchvieh-Futterbaubetrieb – Optimierungspotentiale im Hinblick auf eine novellierte Düngeverordnung

Spezialisierte Milchvieh-Futterbaubetriebe zeichnen sich dadurch aus, dass ein vergleichsweise geringer Anteil des eingesetzten Futterstickstoffs (Proteins) in Produktstickstoff (Milch/Fleisch) umgesetzt werden kann, da die Stickstoffverwertungseffizienz der Milchkuh physiologisch auf maximal ca. 30- 35 % begrenzt ist. Umso wichtiger ist es, alle verfügbaren produktionstechnischen Möglichkeiten auszunutzen, um eine maximale Nährstoffnutzungseffizienz zu gewährleisten. Die Optimierungsmöglichkeiten sind entlang der Prozesskette von der Grünlandbewirtschaftung und dem Management im Futterbau bis zur Rationsgestaltung und zum Leistungsniveau der Herde zu diskutieren. Darüber hinaus sind jedoch vorab übergeordnete Aspekte zu thematisieren, die sowohl die Betriebsorganisation betreffen als auch die grundsätzliche Frage nach der optimalen speziellen Intensität.

Auf Basis einer Hoftorbilanz (brutto) wird deutlich, dass die Stickstoffbilanzsalden eines Betriebes maßgeblich durch den Tierbesatz bzw. durch das Verhältnis der Exporte von pflanzlichen zu tierischen Produkten in Form von N aus dem Betrieb gesteuert werden. Selbst bei optimierter Produktionstechnik sind im reinen Milchvieh-/Futterbaubetrieb ausgeglichene N-Salden nicht zu erreichen – im Hinblick auf die N-Effizienz entspricht die konsequente Spezialisierung auf Tierhaltungsverfahren damit einer klassischen „Spezialisierungsfalle“, da die physiologische Begrenzung der Nährstoffverwertung durch das Tier die Nährstoffeffizienz des Betriebes determiniert. Somit lautet eine zentral zu diskutierende Option: Zurück zum Gemischtbetrieb – entweder real auf existierenden Betrieben oder durch Flächentausch und Gülleaustausch zwischen Futterbau- und Marktfruchtbetrieben („virtueller Gemischtbetrieb“), um so eine günstigere Verteilung der organischen Dünger zwischen Futterbau und Marktfruchtbetrieben zu erreichen und ein ausgewogeneres Verhältnis des Exports von pflanzlichen und tierischen Erzeugnissen. Es gibt verschiedene Nebenaspekte, die eine solche Strategie attraktiv erscheinen lassen und die unter dem Oberbegriff einer erhöhten Resilienz subsummiert werden können.

Eine weitere übergeordnete Frage ist die nach der optimalen speziellen Intensität – in diesem Fall im Hinblick auf den Einsatz von Stickstoff. Betriebswirtschaftlich erscheint diese Frage

beantwortet durch die Grenzkosten/-nutzenanalyse. Aber diese betriebswirtschaftliche Perspektive reflektiert nur einen Ausschnitt der tatsächlichen Kosten, da die Internalisierung externer Effekte (Umweltkosten von N-Überschüssen) dort nicht berücksichtigt ist. Da diese Umweltkosten jedoch nicht nur evident sind, sondern die europäischen Landwirte Ausgleichszahlungen (CC) für die Einhaltung erhöhter Umweltstandards der Produktion in der EU erhalten, stellt sich die Frage, ob die optimale spezielle Intensität nicht eher eine solche wäre, welche die (Stickstoff) - Emissionen je Produkteinheit im Minimum ausweist. Ein solcher Ansatz folgt dem Ziel der Maximierung der Ökoeffizienz bzw. der „ökologischen Intensivierung“. Je nach Standort und Produktionssystem können daraus deutlich abweichende optimale Intensitäten im Vergleich zur allein betriebswirtschaftlichen Betrachtung resultieren. Letztere Überlegungen haben einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Ausgestaltung der novellierten Düngeverordnung (DüV) in Deutschland als Resultat der Verhandlungen Deutschlands mit der EU-Kommission gehabt und werden – eine entsprechende Umsetzung und Kontrolle vorausgesetzt – Anpassungen im N-Management insbesondere in Tier haltenden Betrieben notwendig machen.

Anpassungsstrategien, die nicht nur einen gesellschaftlichen Nutzen, sondern vor allem für viele Betriebe einen erhöhten Nutzen versprechen sind:

1. **Optimiertes Wirtschaftsdüngermanagement:** Die Analysen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Novellierung der DüV (BLAG, 2012) zeigen insbesondere für Futterbaubetriebe erhebliche Steigerungspotentiale zur Erhöhung der Nährstoffverwertung aus organischen Düngern durch angepasste Ausbringungstechniken (Injektion, Schleppschuh) auf Futterbaubetrieben, durch optimierte Terminierung der Ausbringung und optimierte Applikationsmengen. Diese Maßnahmen müssen durch zusätzliche Werkzeuge, die den Nutzen für die Betriebe dokumentieren, umgesetzt werden, um Akzeptanz und Effizienz zu steigern.
2. **„Kritische Rohproteingehalte“** als ergänzende Entscheidungshilfen zur N-Düngebedarfsermittlung: Während die N-Düngung bisher weitestgehend an der ökonomischen Ertragsmaximierung ausgerichtet wurde, sollte zukünftig der Bezug zur Rationsgestaltung sichtbar werden, indem optimale Rohprotein- bzw. Nährstoffgehalte im Futter angestrebt werden, die Mangel wie Luxusverbrauch vermindern helfen. Dies bedeutet eine deutliche Aufwertung der Pflanzenanalyse im Vergleich zur Bodennährstoffanalyse.
3. **Fruchtfolgegestaltung:** Insbesondere die Berücksichtigung von Futterleguminosen (Luzerne, Rotklee) kann die Ökoeffizienz über verminderte Stickstoffemissionen erheblich steigern und weitere Ökosystemdienstleistungen insbesondere zum Beispiel in Mais dominierten Fruchtfolgen (Biodiversität) bereit stellen.

4. **Stoffflussanalyse Stickstoff im Betrieb:** Arbeiten der LfL Bayern (Köhler et al.) zeigen als Konsequenz und ergänzend zu den Punkten 1-3 die Notwendigkeit, die Stoffflüsse im Betrieb wesentlich genauer zu erfassen, um Verlustpfade zu identifizieren und zu reduzieren (Feldverluste, Silierverluste, Futtevorlageverluste, etc.).

Konfliktfelder werden sich trotz der oben dargelegten Optimierungspotentiale bei der Umsetzung der neuen Obergrenzen der N-Bilanzsalden aufbauen, weil diese auf vielen Betrieben insbesondere in Grünlandregionen zu einer Einschränkung der Produktion führen dürften. Für diese Regionen erscheint eine rasche Wiedereinführung der Derogationsregelung, durchaus auch mit erhöhten maximalen organischen N-Mengen, angemessen.



Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme

Technische Universität München

Liesel-Beckmann-Straße 2, 85354 Freising

Modellgestützte Analyse und Optimierung betrieblicher Stoffkreisläufe

Einleitung

Gravierende Nährstoffüberschussprobleme entstanden etwa seit Beginn der 60er Jahre in der deutschen und westeuropäischen Landwirtschaft im Zuge der Intensivierung und Spezialisierung. Steigender Düngereinsatz, Futtermittelimporte, die Entkopplung von Ackerbau und Tierhaltung führten zu intensiven Nährstoffkreisläufen. Besonders in Regionen mit konzentrierter Tierhaltung sank die Nährstoffeffizienz. Inzwischen ist der Gülleanfall teilweise so hoch, dass eine pflanzenbedarfsgerechte Verwertung der Nährstoffe nicht mehr möglich ist oder einen extremen Transportaufwand erfordert.

Maßnahmen wie z.B. die optimierte Fütterung, erhöhte Güllelagerkapazitäten, verbesserte Gülleapplikationstechnik, die sensorgestützte teilflächenspezifische N-Düngung trugen dazu bei, die Stickstoff (N)-Effizienz zu erhöhen und N-Verluste zu vermindern. Allerdings stiegen in den vergangenen Jahren die umweltgefährdenden Emissionen durch den Bau von Biogasanlagen, Grünlandumbrüche, die zunehmende Konzentration der Tierhaltung wieder. Neben den beschriebenen High-Input-Systemen mit intensiven N-Flüssen existieren auch Low-Input-Systeme (z.B. im ökologischen Landbau), in denen der N-Einsatz limitiert ist und Stickstoff oftmals der ertragsbegrenzende Faktor ist.

Lösungsansatz und Methodik

Nährstoffprobleme sind durch technische Innovationen allein nicht zu lösen. Hierzu bedarf es zusätzlich einer gezielten Steuerung und Optimierung betrieblicher und regionaler Stoffströme. Stoffkreisläufe sind abhängig von den Betriebsstrukturen (Tierbesatz, Anbaustruktur, Biogasanlagen), den Nährstoffimporten (Düngereinsatz, Futter- und Biomassezukauf), den Anbauverfahren (Applikationstechnik, räumliche / zeitliche Verteilung der N-Gaben). Um diese Interaktionen und komplexen betrieblichen N-Flüsse abbilden und wirksame N-Minderungsstrategien ableiten zu können, werden leistungsfähige Modelle benötigt. Das Modell REPRO (Hülsbergen 2003) beschreibt landwirtschaftliche Betriebe als Systeme vernetzter Stoffflüsse (Küstermann et al. 2010), die auf Managementmaßnahmen,

z.B. Veränderungen der Struktur, der Intensität und der Verfahren, reagieren. Das Modell enthält Methoden, um N-Flüsse auf der Basis einfach erfassbarer Betriebsdaten zu berechnen. Nachfolgend werden Ergebnisse der Modellanwendung in ökologischen und konventionellen Betrieben dargestellt.

Ergebnisse der Modellanwendung

Das Modell REPRO wurde u.a. in der Versuchsstation Scheyern unter differenzierten Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen angewendet, um die Bilanzmethoden zu validieren sowie Fehler- und Sensitivitätsanalysen durchzuführen. Der Vergleich von Modell- und Messdaten zeigt gute Übereinstimmung (Küstermann et al. 2010, 2013). In Abb. 1 ist als Beispiel der Stickstoffkreislauf des ökologischen Betriebsteils dargestellt

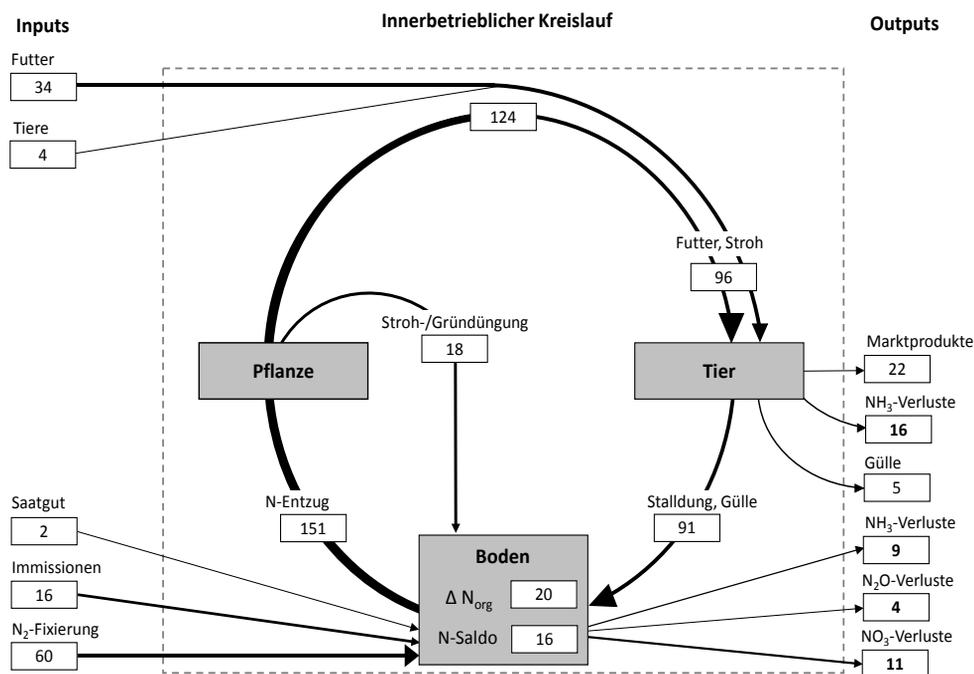


Abb. 1: Stickstoffkreislauf ($\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$), Versuchsbetrieb Scheyern, ökologischer Landbau, nach Küstermann et al. (2010), geändert

In einem mehrjährigen Projekt kam das Modell im bayerischen Tertiärhügelland in 20 ökologischen und 10 konventionellen Betrieben zur Anwendung (Tab. 1).

Ziel war es, systembedingte Unterschiede und Einflüsse struktureller Veränderungen (Umstellung auf Biogas, Aufgabe der Tierhaltung, etc.) auf die N-Effizienz zu untersuchen. Die ökologischen Marktfruchtbetriebe (Tab. 1) weisen die geringsten N-Zufuhren im Betriebsvergleich auf. Nur wenige ökologische Betriebe haben vergleichbar hohe Gesamt-N-Inputs wie die konventionellen Betriebe. Die ökologischen Marktfruchtbetriebe erreichen im Mittel 70%, die ökologischen Gemischtbetriebe 86% der N-Entzüge der konventionellen Betriebe. Die mittleren N-Salden der Ökobetriebe (13 bzw. 18 kg N ha^{-1}) sind deutlich geringer

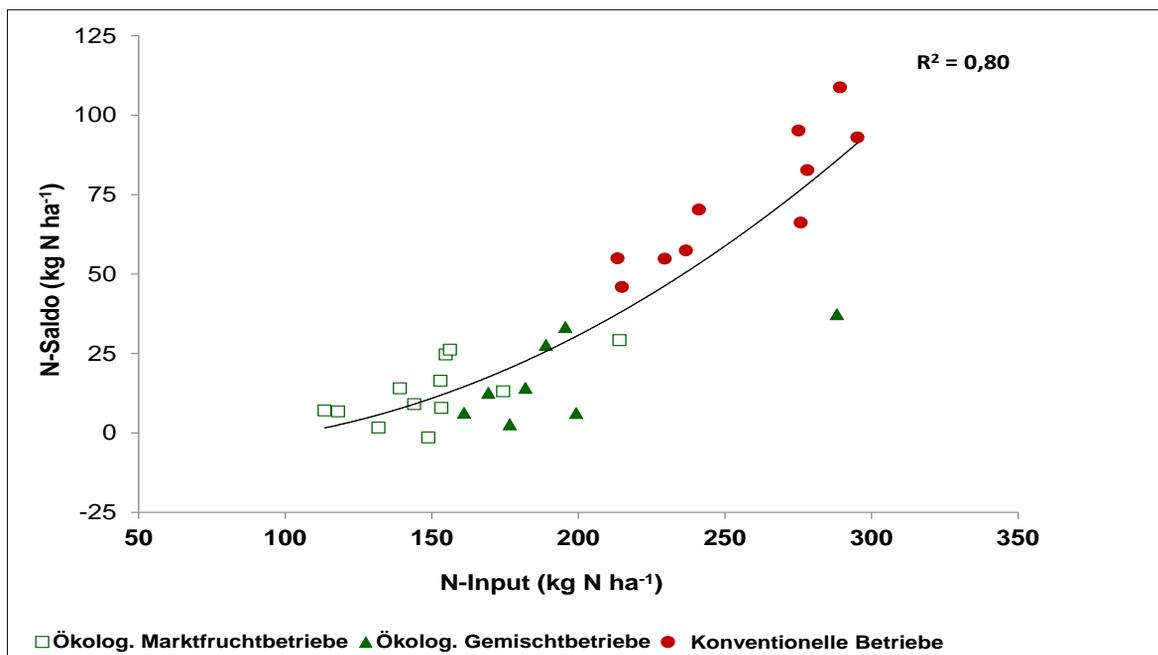
Agrarische Stoffkreisläufe

als die der konventionellen Betriebe (73 kg N ha^{-1}). Mit dem Modell wird eine Zunahme der N_{org} -Vorräte in den Böden der Ökobetriebe um 9 bzw. 20 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ berechnet, während in den konventionellen Betrieben nach den Berechnungen von einem N-Fließgleichgewicht auszugehen ist ($\Delta N_{\text{org}} = 0$).

Tab. 1: N-Bilanz, Betriebe im bayerischen Tertiärhügelland (Engelmann & Hülsergen 2012)

Kennzahl	ME	Ökologisch		Konventionell
		Marktfrucht n = 12	Gemischt n = 8	
Betriebsgruppe				n = 10
N-Entzug	kg N ha⁻¹ a⁻¹	128^a	157^b	182^c
N-Zufuhr	kg N ha⁻¹ a⁻¹	149^a	195^b	255^c
Symb. N ₂ -Fixierung	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	59 ^a	70 ^a	10 ^b
Organische Dünger	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	68 ^a	103 ^b	103 ^b
-Strohdüngung	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	21 ^a	10 ^b	24 ^a
-Grümdüngung	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	36 ^a	16 ^b	18 ^b
-Stalldung	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	2 ^a	41 ^b	4 ^a
-Gülle	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	1 ^a	22 ^{ab}	56 ^b
Mineraldünger	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	0 ^a	0 ^a	120 ^b
Änderung (Δ) N_{org}	kg N ha⁻¹ a⁻¹	9^{ab}	20^a	0^b
N-Saldo mit Δ N_{org}	kg N ha⁻¹ a⁻¹	13^a	18^a	73^b
N-Verwertung	%	87^a	82^a	72^b

In den Untersuchungsbetrieben besteht eine enge Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo (Abb. 2).



**Abb. 2: Stickstoff-Saldo der Untersuchungsbetriebe in Abhängigkeit vom Stickstoff-Input
Schlussfolgerungen und Ausblick**

In Westeuropa wurden verschiedene N-Bilanzmodelle entwickelt, die sich hinsichtlich der Systemgrenzen, der räumlichen und zeitlichen Auflösung, der berücksichtigten N-Flüsse unterscheiden (Goodlass et al., 2003, Halberg et al. 2005). Stark vereinfachte Modelle vernachlässigen die innerbetrieblichen N-Flüsse und N-Pools. Wenn es hingegen um eine Systemanalyse und -optimierung geht, müssen die innerbetrieblichen Strukturen, N-Flüsse und Umsatzprozesse abgebildet werden. Mit diesem Ziel kombinieren wir in unserem Modell unterschiedliche Methoden, um alle relevanten N-Flüsse im System Boden – Pflanze – Tier – Umwelt zu erfassen. Ein solcher Systemansatz erlaubt es, die Ursachen unterschiedlicher N-Effizienz aufzudecken und in Szenariorechnungen umsetzbare N-Minderungsstrategien zu prüfen.

Weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind darauf ausgerichtet, die räumliche und zeitliche Auflösung des Modells zu erhöhen (z.B. durch Verknüpfung mit Ansätzen des Precision Farming, Nutzung Geographischer Informationssysteme), Modellparameter für den Gemüsebau und für Sonderkulturen zu erarbeiten sowie die verwendeten Algorithmen weiter zu fundieren.

In dem vor kurzem begonnenen interdisziplinären Forschungsprojekt „*Minderung von Nitratausträgen in Trinkwassereinzugsgebieten durch optimiertes Stickstoffmanagement*“¹ wird am Beispiel der Gemeinde Hohenthann (Niederbayern) modellgestützt untersucht, welche Zusammenhänge zwischen Standortbedingungen, Intensität der Flächennutzung und Nitrataustragspotenzial bestehen. Ziel ist es, die Ursachen des Nitratanstiegs im Grundwasser aufzuklären und wirksame Minderungsstrategien abzuleiten. Hierzu werden pflanzenbauwissenschaftliche und geohydrologische Untersuchungsansätze kombiniert. Die beispielhafte Analyse der „Modellregion Hohenthann“ ist auch für andere Agrargebiete relevant und kann übergeordnete Bedeutung für Bayern erlangen.

Literatur

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., Engelmann K. (2012): Wie nachhaltig wirtschaften Naturlandbetriebe? 2. Teil: Stickstoffkreislauf und Stickstoffeffizienz. *Naturland Nachrichten*, 1/2012.

Küstermann B., Christen O., Hülsbergen K.-J. (2010): Modelling nitrogen cycles of farming system as basis of site- and farm-specific nitrogen management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 135, 70-80.

Küstermann B., Munch J.C., Hülsbergen K.-J. (2013): Effects of soil tillage and fertilization on resource efficiency and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment in Southern Germany. *Europ. J. Agronomy* 49, 61-73.

¹ gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Gemeinsames Projekt der TU München, der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und dem Bayerischen Landesamt für Umwelt.



Prof. Dr. Hubert Spiekers

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub
E-Mail: Hubert.Spiekers@lfl.bayern.de

Nährstoffanfall bei Nutztieren steuern

1. Einleitung

Ein zentraler Punkt zur Steuerung der Stoffkreisläufe in der Landwirtschaft ist der Nährstoffanfall der Nutztiere. Mit Kot, Harn, Haaren etc. fallen erhebliche Mengen an N, P, K an, die im Stoffkreislauf entsprechend Verwendung finden müssen. Die Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere erfolgt nach den Maßgaben der DLG (2005, 2014). Bei gleicher Produktion von Milch, Fleisch, Eiern können der Nährstoffanfall und die Art der Nährstoffbindung stark variieren. Die Möglichkeiten der Steuerung gilt es zur Optimierung der Stoffkreisläufe zu nutzen. Im Weiteren werden die Ansatzpunkte insbesondere für den Bereich der Rinderhaltung aufgezeigt.

2. Nährstoffanfall

Die Nährstoffausscheidung ergibt sich aus der Differenz zwischen der Nährstoffaufnahme mit dem Futter und den im Produkt (Milch, Fleisch, Eier etc.) fixierten Nährstoffen. Von entscheidender Bedeutung für den Nährstoffanfall sind daher der Futteraufwand und die Futterzusammensetzung sowie die Leistungshöhe und die Gehalte im Produkt.

Bei den Gehalten in den Produkten besteht eine relativ geringe Streuung. Zu beachten sind beim Rind der Milcheiweißgehalt und die Typausprägung Milch-/Fleischleistung. Von ganz entscheidender Bedeutung sind die Leistungshöhe und die Futterbasis. Deutlich wird dies an den Daten aus der Abbildung 1 zur Nährstoffausscheidung der Milchkühe. Je höher das Leistungsniveau der Milchkühe ist, umso geringer werden die Differenzen auf Grund der betrieblichen Futtergrundlage, da der Anteil Kraftfutter zur Abdeckung des Nährstoffbedarfs steigt.

Agrarische Stoffkreisläufe

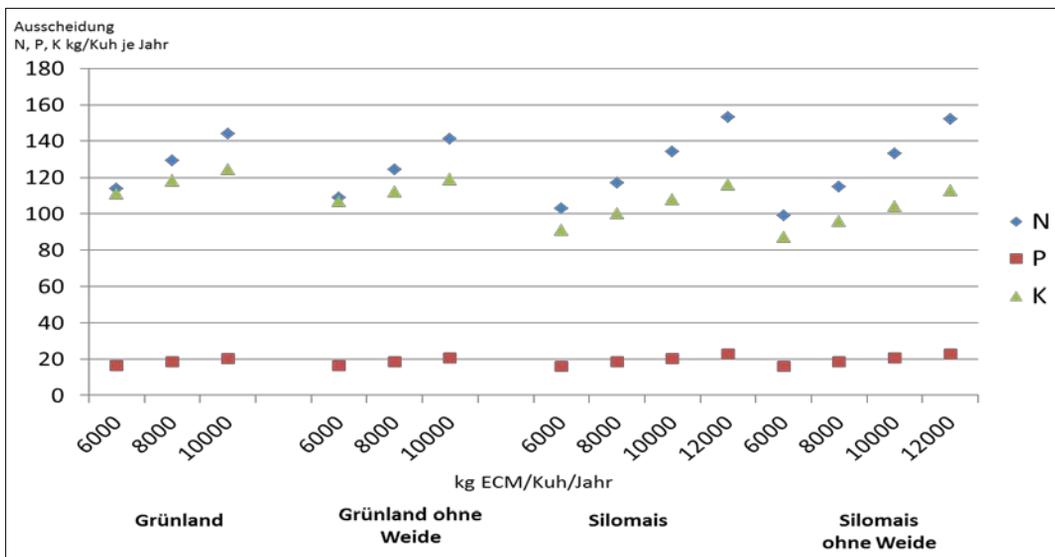


Abbildung 1: Nährstoffausscheidung von Milchkühen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der betrieblichen Futterbasis (DLG, 2014)

Von großer Bedeutung für die Effizienz der Erzeugung von Milch und Fleisch und somit auch für den Nährstoffanfall ist die Ausgestaltung der Produktion (Spiekers, 2012). Nutzungsdauer und Erstkalbealter sind in der Milcherzeugung die wichtigsten Größen. Der Einfluss des Erstkalbealters auf die Nährstoffausscheidung ist aus der Tabelle 1 zu ersehen. Dargestellt sind die im „Gruber“ Versuch (Ettle und Spiekers, 2012) bei unterschiedlichem Erstkalbealter ermittelten Nährstoffausscheidungen im Vergleich zu den Standardwerten der DLG (2014) bei einem Erstkalbealter von 27 Monaten. Werden Milch und Fleisch betrachtet, ergeben sich erhebliche Vorteile bei Zweinutzungsrassen wie dem Fleckvieh (Zehetmeier et al., 2012).

Tabelle 1: Einfluss des Erstkalbealters auf die Nährstoffausscheidung

Verfahren	DLG, 2014*	Versuch der LfL**	
		25,5	28,4
Erstkalbealter, Monate	27	25,5	28,4
ME, MJ/Färse	55.000	48.000	57.000
Zuwachs, kg/Färse	605	676	695
N-Aufnahme, „	117	107	128
P-Aufnahme, „	18,4	20,1	23,3
N-Ansatz, „	15,1	17,4	16,09
P-Ansatz, „	3,6	4,1	4,2
N-Ausscheidung, „	102	90	111
P-Ausscheidung, „	14,8	16,0	19,1

* Verfahren: Ackerfutter ohne Weide; ** Quelle: Ettle und Spiekers, 2012

Weitergehende Betrachtungen sollten auch die Flächenausstattung im Betrieb mit berücksichtigen. Je höher der Anteil Kraftfutter im Produktionsverfahren ist, umso größer ist die Problematik betrieblicher Nährstoffüberschüsse bei Zukauf des Kraftfutters.

In der Rindermast ist aktuell die erforderliche Versorgung mit Rohprotein in Diskussion, da die Tiere sich auch aus genetischer Sicht (Proteinansatz, Wachstumskapazität) verändert haben. An Fleckviehbullen wurden in Grub gezielt Versuche zur erforderlichen Versorgung mit Rohprotein im Rahmen der Eiweißstrategie durchgeführt. Im Ergebnis zeigte sich, dass sowohl Über- als auch Unterversorgung zu Minderleistungen führt (Aichner et al., 2013). Zur Optimierung des Rohproteinaufwands und somit der Nährstoffausscheidung je kg Zuwachs empfiehlt sich eine abgestufte Versorgung mit Rohprotein im Verlauf der Mast.

3. Nährstoffangepasste Fütterung

Zur Reduktion der Nährstoffausscheidungen empfiehlt sich soweit möglich eine niedrige Versorgung mit Rohprotein und Phosphor bei Deckung der erforderlichen Versorgung mit Aminosäuren am Darm und mit Phosphor. Der Phosphorverfügbarkeit kommt beim Wiederkäuer nur eine geringe Bedeutung zu, da im Vormagen die verschiedenen P-Verbindungen weitgehend genutzt werden können (GfE, 2001).

Anders ist die Situation beim Eiweiß. Die Milchkuh und das Mastrind haben letztlich einen Bedarf an Aminosäuren, der mit unterschiedlichen Mengen an Rohprotein gedeckt werden kann. Weitere Information zum aktuellen Stand der Proteinbewertung ist den Arbeiten von Schuba und Südekum (2013) und Steingäß und Südekum (2013) zu entnehmen. Durch den Einsatz „geschützter“ Aminosäuren kann die Versorgung mit Rohprotein ohne Minderleistungen bei reduzierten N-Ausscheidungen abgesenkt werden (Hristov et al., 2012). Als erstlimitierend sind die Aminosäuren Lysin, Methionin und Histidin anzusehen. Über ein relativ gutes Muster an Aminosäuren verfügen die Grasprodukte (Edmunds et al., 2013). Wichtig ist der Erhalt der Proteinqualität bei der Konservierung.

Bei Absenkung der Rohproteinversorgung reduziert sich gleichzeitig die N-Ausscheidung mit dem Harn. Hier erfolgt die Reduktion in erster Linie über Harnstoff. Aus der Tabelle 2 ist die Auswirkung gut ersichtlich. Über den Milchwarnstoffgehalt kann die N-Ausscheidung abgeschätzt werden (DLG, 2014). Ein besonderes Augenmerk kommt hier zukünftig dem Ammoniak zu. In den Niederlanden erfolgten hierzu gezielte Messreihen in Praxisbetrieben zur Ableitung neuer Emissionsfaktoren (Ogink et al., 2014). Weidegang führt zu geringeren Ammoniakemissionen. Im Laufstall bestehen negative Beziehungen zum Platzangebot und Luftaustausch. Zusammenhänge zur Fütterung sind ebenfalls gegeben, die sich in der Praxis aber nur zum Teil über den Gehalt an Milchwarnstoff fassen lassen.

Tabelle 2: Einfluss der Rohprotein- und Natriumversorgung auf die N-Ausscheidung bei Milchkühen (Spek et al., 2013)

Rohprotein, g/kg TM	116		154	
Natrium, g/kg TM	3	13	3	13
Ration, in TM: 66 % Maissilage, 4 % Stroh, 25 % Sojaprodukte, 5 % Rest				
Trockenmasse, kg/Tag	19,2	19,3	19,6	20,0
ECM, kg/Tag	23,3	23,7	25,0	26,1
Milchharnstoffgehalt, ppm	115	80	202	162
N-Ausscheidung, g/Tag	361	350	488	482
- Milch-N, “	120	122	138	141
- Kot-N,.....“	137	128	149	148
- Harn-N,.....“	77	69	128	130
- Rest, “	27	31	67	64

4. Fazit

Über die Ausscheidung von N und P mit Kot und Harn gelangen erhebliche Nährstoffmengen in den Betriebskreislauf. Die Ausgestaltung der Produktion und der Fütterung erlauben erhebliche Steuerungsmöglichkeiten, die es zu nutzen gilt. Zur Steuerung der Produktion kommt der Erfassung der Nährstoffausscheidungen zukünftig eine erheblich größere Bedeutung zu. Besonderes Augenmerk ist auf die Minderung der Ammoniak-Emissionen in der Milcherzeugung zu legen.

5. Literatur

- Aichner, V.; T. Ettle; A. Obermaier; H. Spiekers; W. Windisch (2013): Effects of varying crude protein supply on fattening performance of Simmental bulls. Proc. Soc. Nutr. Physiol. (2013) **22**, 116
- DLG (2005): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG, Band 199 DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Auflage, Arbeiten der DLG, Band 199 DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- Edmunds, B.; K.-H. Südekum; R. Bennett; A. Schröder; H. Spiekers; F.-J. Schwarz (2013): The amino acid composition of rumen undegraded dietary crude protein: a comparison between forages. Journal of Dairy Science **96**, 4568-4577
- Ettle, T.; H. Spiekers (2012): Jungrinderaufzucht. hundkatzpfers, **05/2012**, 36-39
- GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, Band Nr. 8. DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- Hristov, N.; C. Lee; H. Lapiere (2012): Can histidine be limiting milk production in dairy cows fed cornsilage and alfalfa haylage – based diets? in: **XVI** International Silage Conference, Hämeenlinna, 34/35
- Ogink, N.W.M.; C.M. Groenestein; J. Mosquera (2014) Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee, Rapport **744**, Livestock Research Wageningen UR
- Schuba, J.; K.-H. Südekum (2013): Pansengeschützte Aminosäuren in der Milchkühfütterung unter besonderer

Agrarische Stoffkreisläufe

Berücksichtigung von Methionin und Lysin. Übersichten Tierernährung **40**, 113-149

Spek, J.W. (2013): Variation of milk urea in dairy cattle. Thesis Wageningen University. 156 Seiten, ISBN 978-94-6173-664-2

Spiekers, H. (2012): Milch und Fleisch effizient erzeugen. in: **50.** Jahrestagung der BAT, 53-57

Steingäß, H.; K.-H. Südekum (2013): Proteinbewertung beim Wiederkäuer – Grundlage, analytische Entwicklungen und Perspektiven. Übersichten zur Tierernährung **41**, 51-73

Zehetmeier, M.; M. Gandorfer; A. Heißenhuber; I.J.M. de Boer (2012): Modelling GHG emissions of dairy cow production systems differing in milk yield and breed – the impact of uncertainty. in: Corson, M., van der Werf, H.M. (Eds.) Proceedings of the 8th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, 1-4 October, Saint Malo, France.

Autor: Prof. Dr. Hubert Spiekers, Prof.-Dürrwachter-Platz 3, D-85586 Poing; Hubert.Spiekers@lfl.bayern.de



Prof. Dr. Urs Schmidhalter
Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TUM

Wirtschaftsdünger – die Quadratur des Kreises!

Anfall von Wirtschaftsdüngern - der nicht geschlossene Kreislauf

Organische Wirtschaftsdünger tragen wesentlich zur Nährstoffversorgung bei und fallen überwiegend als Gülle an. Mehr als die Hälfte der Landwirte düngt mit Gülle. Rund 166 000 landwirtschaftliche Betriebe bringen auf ihre Flächen flüssigen Wirtschaftsdünger, also Gülle, Jauche oder flüssigen Gärrest aus der Biogasanlage (Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014). Insgesamt werden 191 Millionen Kubikmeter flüssiger Wirtschaftsdünger auf 7.5 Millionen Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche ausgebracht, dies entspricht etwa 45% der landwirtschaftlich genutzten Fläche, wobei rund zwei Drittel des flüssigen Wirtschaftsdüngers auf Ackerland und ein Drittel auf Dauergrünland ausgebracht wird. Am häufigsten wird Rindergülle gedüngt (60 %), gefolgt von Schweinegülle (19%), flüssigen Gärresten (17%) und die restlichen 4 % entfallen auf Jauche und sonstige Gülle.

Organische Dünger tragen in Deutschland mit rund 37% zum Stickstoffinput bei, europaweit mit fast 40%, mit einer Spannweite von 25 % (Finnland) bis 60% (Belgien).

Organische Wirtschaftsdünger sind nicht nur eine wichtige Quelle von Nährstoffen, sondern auch von organischer Substanz.

Diesen positiven Wirkungen stehen auch Umweltemissionen wie Nitratauswaschung, Lachgas- und Ammoniakverluste gegenüber. Der rein ökonomische Gesamtverlust von mehr als 550 kt Ammoniak aus der deutschen Landwirtschaft, der überwiegend aus der Tierhaltung stammt, beträgt mindestens 500 Millionen €, die Kosten der Umweltbeeinträchtigung dürften ein Vielfaches davon sein. Wenn auch Verluste unvermeidbar sind, so muss der organische Wirtschaftsdüngerkreislauf besser geschlossen werden.

Bewertung von Wirtschaftsdüngern - Änderungen sind notwendig

Während die Düngegesetzgebung die inhaltstoffliche Bewertung von Mineraldüngern präzise festlegt, stehen für organische Dünger häufig nur Schätzwerte zur Verfügung. Die hohe Varianz, die Güllen im Ammonium-, Gesamtstickstoff-, Phosphat- und Kalium-Gehalt aufweisen können (Wendland et al. 2011), hinterfragt im Einzelfall einzelbetrieblich öfters nicht zutreffende tabellarische Schätzwerte. Richtwerte können sehr nützliche Informationsquellen

sein, setzen aber die Kenntnis des Trockensubstanzgehaltes voraus. Nährstoffgehalte in Güllelagern und im Güllefass lassen sich dennoch verlässlich ermitteln (Schmidhalter et al., 2011). Für genügende Approximationen stehen Schnellteste zur Verfügung, die in der Regel aber leider nicht eingesetzt werden. Neuere Entwicklungen sollen dies verbessern und nutzerfreundliche Ansätze in die Praxis überführen.

Die Nährstoffermittlung in organischen flüssigen Düngern sollte zwingend (gesetzlich) vorgeschrieben werden.

Wirkung von Wirtschaftsdüngern

Die N-Wirkung von Wirtschaftsdüngern ist in der Regel weniger gut als die von Mineraldüngern, während die P- und K-Wirkung organischer und mineralischer Dünger sich nicht unterscheidet. Die schlechtere N-Wirkung erklärt sich einerseits aus dem bedeutenden organischen N-Anteil und andererseits auch aus emissionsbedingten N-Verlusten. Gelingt es Ausbringungsverluste zu vermeiden, ist die N-Wirkung von Gülle, berechnet auf der Basis des direkt wirkenden Ammoniums, der Wirkung mineralischer Dünger äquivalent (Fouda et al., 2013). Der Ammoniumgehalt in organischen flüssigen Düngern liegt zwischen 50-95%. Organisch gebundener Stickstoff wird im Anwendungsjahr nur teilweise mineralisiert, bei langjähriger Anwendung erhöht sich jedoch die N-Wirkung organischer Dünger aufgrund der zusätzlichen Nachwirkung (Gutser et al., 2005). Organische Dünger stellen hochwertige Mehrnährstoffdünger, deshalb sollten Mineraldünger in tierhaltenden Betrieben nur ergänzend zur Steuerung der N-Düngung und zurückhaltend eingesetzt werden, sonst droht die rote Karte, im Sinne des dänischen Modells, das unabhängig von der Düngerform die Gesamtmenge an eingesetztem Stickstoff pro Fläche vorgibt.

Verlustminderung beim Einsatz von Wirtschaftsdüngern

Verlustminderung beginnt im Kopf, d.h. bei der korrekten Anrechnung der Nährstoffflüsse im Betrieb bzw. aus dem Hof (Hofbilanz). Dies sollte als Chance und nicht als Gängelung gesehen werden, da damit nicht nur Verluste im Stall, Lager und bei der Ausbringung erkannt werden, sondern auch Optimierungen in der Fütterung erreicht werden können. Bei der Ausbringung ist es zwingend notwendig die Nährstoffgehalte organischer Dünger zu kennen. Wertschätzung bedeutet Verlustminderung.

Bodennahe oder noch besser Direkteinbringung bzw. -einbringung mindern Ammoniakverluste wesentlich. Mit Güllegrubbern, anderen Injektionstechniken bzw. Schlitzverfahren werden zurzeit etwa 6% der Gülle ausgebracht, mit Schleppschräben bzw. Schleppschuh 24% und mit Breitverteiltern 70%. Die Grundsätze emissionsmindernder Maßnahmen bzw. verlustfördernder/verlustreduzierender Bedingungen sind bekannt. Eine jüngst am Lehrstuhl für Pflanzenernährung entwickelte Messmethodik erlaubt es nun erstmals präzise unter Feldbedingungen Ammoniakverluste aus Gülle vergleichend auf zahlreichen Böden und unter variablen Klimabedingungen zu erfassen.

Organische Dünger können auch zu wesentlichen Lachgasverlusten beitragen. Neu entwickelte Nitrifikationshemmstoffe haben gezeigt, dass mit Ihnen wesentliche Reduktionen von Lachgas bis zu 60-80% erreicht werden können (Schmidhalter et al., 2011), zudem wird die

Auswaschung von Nitrat reduziert. Nitrifikationshemmstoffe erlauben einen zeitlich flexibleren Einsatz der organischen Flüssigdünger, wodurch das zeitliche Fenster wesentlich verbreitert wird und bodenschonender Gülle ausgebracht werden kann. Mittels Nitrifikationshemmstoffen kann Gülle problemlos einen Monat vor Saat ausgebracht werden, zudem ergaben sich höhere Erträge bei Mais und eine verbesserte N-Aufnahme, womit die N-Effizienz verbessert wird (Schmidhalter et al., 2011). Zwingend erforderlich ist die Injektion bzw. rasche Einarbeitung von Gülle bei Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen.

Wirtschaftsdünger – Neues Denken oder Handeln?

Organische Wirtschaftsdünger stellen eine enorm wichtige Quelle von wertvollen Nährstoffen und organischer Substanz dar, deren Nutzung optimiert werden muss. Zentral für die dafür erforderliche Wertschätzung ist die adäquate Bilanzierung der Nährstoffströme über die Hoftorbilanz, die Erfassung der Nährstoffgehalte sowie eine adäquate Ausbringungstechnik. Neue Ansätze in der Emissionserfassung erlauben eine vergleichende Betrachtung unter variablen Boden- und Klimabedingungen. Dies kann auch zu einer ökonomisch optimierten Bewertung der erforderlichen Technik beitragen. Verlustfrei oder verlustmindernd ausgebrachte organische Flüssigdünger sind Mineraldüngern potenziell ebenbürtig. Schwieriger fällt die Optimierung bei Kulturen, bei denen keine Einarbeitung durchgeführt werden kann. Stickstoffstabilisatoren können über die Einarbeitung hinaus die Flexibilität des Einsatzes von Gülle im Ackerbau wesentlich erweitern, reduzieren zudem sehr deutlich die Emission von Lachgas und vermindern die Nitratauswaschung.

Ansätze zu Optimierungen in der Gülleausbringung ergeben sich auch in der gezielteren Entnahme von flüssigen bzw. festeren Fraktionen, der Separierung und der Ammoniakstrippung. Letztere entfernt und überführt Ammoniumstickstoff in eine flexibler einsetzbare Mineraldüngerlösung und resultiert in einem organischen P-K-Flüssigdünger, der zeitlich variabel und verlustarm eingesetzt werden kann. In letzter Konsequenz hinterfragt diese Auftrennung jedoch das arbeitswirtschaftlich optimierte System des Vollgüllesystems und lässt es offen, inwiefern, unter dem Gesichtspunkt der Emissionsminderung und der stetig wachsenden Auflagen eine Rückkehr zum alten Trennsystem, Kot und Harn in Betracht gezogen werden sollte.

Literatur

Gutser, R., Ebertseder, T., Weber, A., Schraml, M., Schmidhalter, U. (2005). *Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land*. J. Plant Nutrition and Soil Science 168, 439-446.

Fouda, S., v. Tucher, S., Lichti, F., Schmidhalter, U. (2013). *Nitrogen availability of various biogas residues applied to ryegrass*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 176, 572-584.

Schmidhalter, U., Georgi, A.C., Landzettel, C. (2011). *Nährstoffvariabilität in Gülle*. Gülle 11, Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. Internationale Tagung, 17.-18.10.2011, Kloster Reute. LAZ BW, 28-32.

Schmidhalter, U., Manhart, R., Heil, K., Schraml, M., v.Tucher, S. (2011). *Gülle- und Gärrestdüngung zu Mais*. Zeitschrift Mais 2, 88-91.

Wendland, M., Heigl, L. und Fischer, A. (2011). *Varianz der Nährstoffgehalte verschiedener Güllen*. In: Jahresbericht 2010. Institut für Agrarökologie, ökologischen Landbau und Bodenschutz. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg). S. 36.

Agrarische Stoffkreisläufe

Autorenanschrift: Prof. Dr. U. Schmidhalter, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München, Emil-Ramann-Str. 2, 85354 Freising; schmidhalter@wzw.tum.de



Dr. Hans-Heinrich Kowalewsky
Fachbereich Energie, Bauen, Technik
Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Wirtschaftsdünger – überregional verwerten

In den Veredlungsregionen im westlichen Niedersachsen fallen insbesondere mit Schweinegülle mehr Nährstoffe an als dort für die Düngung der Flächen benötigt werden. Diese überschüssigen Nährstoffe lassen sich in den Ackerbauregionen im östlichen Niedersachsen sehr gut zur Düngung einsetzen. Dadurch kann der Mineraldüngerbedarf in den Ackerbauregionen deutlich reduziert werden. Die Wirtschaftsdünger in diese Regionen zu transportieren, verursacht erhebliche Kosten, da die Nährstoffkonzentration in Mist und Gülle relativ niedrig ist. Diese Transportkosten gering zu halten ist notwendig, um die überregionale Verwertung von Wirtschaftsdünger zu intensivieren

Transportkosten senken

Der überwiegende Teil der bislang durchgeführten Transporte erfolgt mit Gülle aus der Mastschweine- und Sauenhaltung. Um beispielsweise 1.000 kg Phosphat (P_2O_5) von der Veredlungs- in die Ackerbauregion zu bringen, müssen bei Mastschweinegülle etwa 500 m³ transportiert werden. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Transporttarife ergeben sich daraus Transportkosten, die bei einer Transportentfernung von nur 100 km bereits 17 € pro m³ ausmachen und bei Entfernungen von 300 km auf über 35 € pro t ansteigen.

Als Möglichkeit zur Einsparung von Transportkosten hat sich die Verwendung von Spezial-Lkw (sogenannte Kombitrailer) erwiesen, mit denen sowohl Futtergetreide als auch Gülle transportiert werden kann. Das ist möglich, weil hier der Laderaum für das Getreide strikt vom Güllelagererraum getrennt ist. Auf der Hinfahrt wird Futtergetreide in die Veredlungsregion und auf der Rückfahrt Gülle in die Ackerbauregion transportiert. Bei Entfernungen von 100 km lassen mit diesen Spezial-Lkw die Transportkosten gegenüber herkömmlichen Lkws um etwa 20 % und bei 300 km sogar um 35 % senken.

Nährstoffkonzentration erhöhen

Neben der Verwendung von Spezial-Lkw können die Kosten für den überregionalen Wirtschaftsdüngertransport auch durch eine Erhöhung der Nährstoffkonzentration reduziert werden. Zur Erhöhung der Nährstoffkonzentration kann das natürliche Absetzverhalten der Gülle genutzt werden. Mit natürlichem Absetzverhalten ist gemeint, dass bei Schweinegülle während der Lagerung eine Entmischung der festen und der flüssigen Güllebestandteile stattfindet. Im unteren Teil des Güllebehälters lagert dann die dicke nährstoffreiche Gülle, während sich im oberen Behälterteil dünne, nährstoffarme Gülle befindet. Die Entnahme dieser beiden Schichten erfolgt durch gesonderte Leitungen, wobei zuerst die im oberen Behälterteil befindliche Dünngülle entnommen wird. Mit der Dünngülle werden die Flächen des Veredlungsbetriebes gedüngt. Die im unteren Behälterteil lagernde Dickgülle kann danach aufgerührt, entnommen und in die Ackerbauregion transportiert werden.

Durch das Eindicken von Schweinegülle im Lagerbehälter, lässt sich nach bisherigen Erfahrungen die Güllemenge, die zur Abgabe eines bestimmten Phosphatüberschusses von Veredlungsbetrieb an den Ackerbaubetrieb abzugeben ist, etwa halbieren. Dadurch halbieren sich im Vergleich zu nicht eingedickter Gülle auch die Transportkosten. Den Einsparungen bei den Transportkosten stehen zusätzliche Aufwendungen gegenüber. Diese Kosten sind gering, denn es ist nur eine zusätzliche Gülleentnahmeleitung erforderlich, die meist unter 1.000 € zu haben ist.

Energetischen Wert nutzen

Die Wirtschaftlichkeit der überregionalen Wirtschaftsdüngerverwertung kann weiter verbessert werden, wenn bei der eingedickten Gülle nicht nur deren Nährstoffwert, sondern auch deren energetischer Wert genutzt wird. Die in die Ackerbauregion transportierte Dickgülle muss dazu in eine Biogasanlage gebracht werden. Wenn in dieser Anlage beispielsweise Mais durch Dickgülle ersetzt wird, entstehen aber zunächst einmal Kosten für zusätzlichen Fermenter- und Lagerraum. Diese Kosten sind aber deutlich geringer als die Einsparungen, die sich aus dem reduzierten Maisanbau bzw. -zukauf ergeben. Ganz besonders lohnt es sich, den Mais in Biogasanlagen durch Dickgülle zu ersetzen, wenn zusätzlich noch der sogenannte „Güllebonus“ generiert werden kann. Der Güllebonus bedeutet für Biogasanlagen, dass sie einen erhöhten Stromauszahlungspreis erhalten, wenn sie das zur Stromproduktion verwendete Biogas zu einem gewissen Anteil aus Gülle erzeugen.

Abschließende Bemerkungen

Die überregionale Verwertung für Wirtschaftsdünger läuft in Niedersachsen bereits in erheblichem Umfang. Derzeit werden knapp 2 Mio. t dieser Dünger von den Veredlungsbetrieben im Westen zu den Veredlungsbetrieben im Osten des Landes transportiert. Die Kosten für diese Transporte sind allerdings hoch. Sie können deutlich verringert werden, wenn der Transport mit Spezial-Lkw erfolgt, wenn Dickgülle statt Rohgülle transportiert wird und wenn in der Ackerbauregion nicht nur der Nährstoffwert, sondern auch der energetische Wert der Wirtschaftsdünger genutzt wird.

Von den Verfahren zur Gülleaufbereitung dürfte in nächster Zeit die Separation, also die Auftrennung der Gülle in feste und flüssige Bestandteile, an Bedeutung gewinnen. Erforderlich ist dazu allerdings, die Wirkungsgrade dieser Technik zu verbessern und/oder die Kosten zu verringern. Für eine noch weitergehende Aufbereitung zu einem mineraldüngerähnlichen Verkaufsprodukt einerseits und zu einem vorfluterreifen Abwasser andererseits werden derzeit weniger Chancen gesehen.



Bild 1:

Spezial-Lkw ermöglichen es, Gülle in geschlossenen Behältern in die Ackerbauregion zu transportieren und auf dem Rückweg Futtergetreide in die Veredlungsregion mitzunehmen.



Bild 2:

In der Ackerbauregion muss die Gülle zum geeigneten Zeitpunkt, in bedarfsgerechten Mengen, emissionsarm und gleichmäßig verteilt ausgebracht werden.



Alois Heißenhuber¹, Peter Schießl¹, Christine Krämer²

¹ TU München-Weihenstephan, Lehrstuhl für Produktions- und Ressourcenökonomie, Alte Akademie 14, 85350 Freising

² Projektbüro mareg (markt+region), Herrnberchthheim 178, 97258 Ippesheim

Nachhaltige Intensivierung

– leeres Schlagwort oder hilfreiches Konzept?

Einleitung

Weltweit ist in der Vergangenheit die Nachfrage nach agrarischen Produkten stark gestiegen und es ist von einem weiteren Anstieg auszugehen (The Royal Society 2009; Tilman, D. et al. 2001). Wesentlich hierfür sind die wachsende Weltbevölkerung, die „Verwestlichung“ von Konsumgewohnheiten und die steigende Nachfrage nach energetischen und stofflichen Rohstoffen aus der Landwirtschaft. Diese steigende Nachfrage trägt zu einer zunehmenden Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion bei, in dem zusätzliche Flächen in Nutzung genommen bzw. Ertragszuwächse z.B. pro Hektar oder Stallplatz realisiert werden (Tschardtke, T. et al. 2005). Die zunehmende Intensivierung mit einem steigenden Einsatz an Produktionsmitteln ist jedoch meist mit steigenden Belastungen für den Natur- und Umweltschutz sowie teils auch für den Wohn-Umfeld-Schutz der Menschen verbunden.

Die Reduzierung der negativen externen Effekte der landwirtschaftlichen Produktion wird seit langem diskutiert und findet seit 1992 über das Angebot von freiwilligen Agrarumweltmaßnahmen auch Eingang in die Gemeinsame Agrarpolitik. Mit der jüngsten Agrarreform wurde darüber hinaus der Versuch unternommen, die öffentlichen Zahlungen an die Landwirtschaft, auch innerhalb der ersten Säule der Agrarpolitik hinsichtlich der Erbringung von öffentlichen Leistungen zu qualifizieren. Dennoch gibt es bezüglich der Umweltwirkungen der Landwirtschaft, insbesondere in bestimmten Regionen, noch erhebliche Probleme (Heißenhuber, A. et al. 2014).

Diskussion des Begriffs „Nachhaltige Intensivierung“

Der Begriff der Intensivierung ist vielfach beleuchtet und bezeichnet das Verhältnis von Input oder Outputfaktoren pro Hektar (Buckwell, A. et al. 2014). Als Inputfaktoren werden meist Betriebs- oder Produktionsmittel herangezogen wie bspw. der Einsatz von Düngemitteln je Flächeneinheit. Dem gegenüber steht das Konzept der Nachhaltigkeit, welches bisher nicht eindeutig mit Kriterien unterlegt ist. Vielmehr werden je nach Untersuchung unterschiedliche Kriterien mit unterschiedlichen Definitionen herangezogen (Buckwell, A. et al. 2014). Unter nachhaltiger Intensivierung wird die Produktionssteigerung pro Flächeneinheit verstanden, wobei gleichzeitig die negativen Umweltwirkungen reduziert werden sollen (The Royal Society 2009). Allerdings ist bisher nicht geklärt, welche Input- und Outputfaktoren zu betrachten sind und welche Grenzwerte gelten sollen.

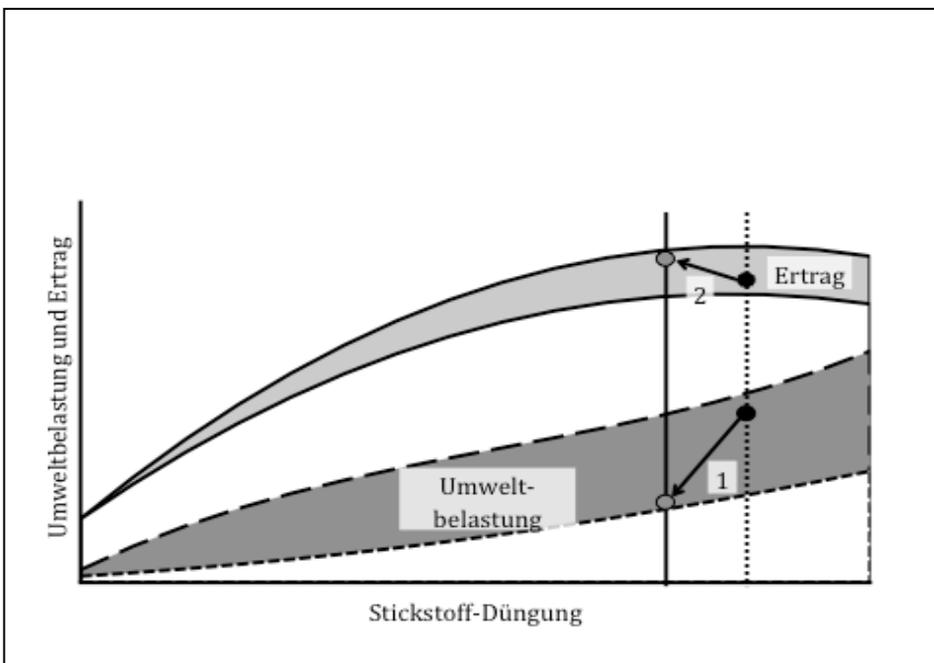


Abb. 1: Nachhaltige Intensivierung – mehr Ertrag mit weniger Umweltbelastung (Quelle: eigene Darstellung)

Die Minderung negativer Umweltwirkungen wird im Rahmen der bestehenden Ansätze der 1. und der 2. Säule der GAP derzeit meist durch Extensivierungsmaßnahmen erreicht. Dies bedingt jedoch gleichzeitig geringere Erträge. Dieser Ansatz wird daher kritisch zu beurteilen sein, so lange Menschen ihre grundlegenden Bedürfnisse nach Nahrung, Wohnen und Wärme

nicht befriedigen können. Dies betrifft jedoch die Länder innerhalb der EU kaum. Werden aber aufgrund geringerer Erträge durch großflächige Extensivierung und eines gleichbleibenden Konsumniveaus- und stils innerhalb der EU zunehmend Importe landwirtschaftlicher Produkte notwendig, so können erzielte Umweltentlastungen in Europa

eventuell in anderen Ländern zu zunehmenden Umweltbelastungen führen. Global gesehen erscheint demnach eine Steigerung der Erträge bei mindestens gleich bleibenden Umweltbelastungen bzw. sinkenden Umweltbelastungen erforderlich (siehe Abbildung 1). In West-Europa dürfte vor allem die Reduzierung der Umweltbelastungen relevant sein, sofern diese weder von der Gesellschaft akzeptiert wird, noch aus gesamtgesellschaftlicher Sicht als ökonomisches Optimum bezeichnet werden kann. So entstehen bspw. durch den Austrag von Stickstoff in die Umwelt in der EU erhebliche Kosten (Sutton, M et al. 2011) und die übermäßige Ausbringung von organischem Dünger in Regionen mit sehr hohem Tierbesatz führt darüber hinaus aufgrund umfangreicher Belastungen zu Akzeptanzproblemen der örtlichen Bevölkerung.

Ausblick

Der Begriff der nachhaltigen Intensivierung hat mittlerweile Eingang in die politische Diskussion gefunden. Dabei existiert bisher keine abschließende Definition des Begriffs, vielmehr interpretieren verschiedene Gruppen den Begriff nach ihren Interessen. Festzuhalten ist, dass der Begriff der nachhaltigen Intensivierung unterstellt, dass sowohl eine Ertragssteigerung als auch eine Verbesserung der Umweltsituation zur gleichen Zeit am gleichen Ort möglich ist (starke nachhaltige Intensivierung). Dies wird jedoch wahrscheinlich nicht auf alle Konfliktsituationen zutreffen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass die Problematik der Trade Offs nicht ausgeschaltet werden kann und negative Wechselwirkungen bestehen bleiben. Damit ist über den Begriff der schwachen nachhaltigen Intensivierung nachzudenken, bei dem die Verbesserung eines der beiden Faktoren zumindest keine Verschlechterung des anderen Faktors bedingen soll. Des Weiteren ist zu diskutieren, ob auf europäischer Ebene der Begriff der nachhaltigen Intensivierung nicht durch den Begriff der nachhaltigeren Intensität zu ersetzen ist, da in Europa mit einer schon sehr hohen Intensität der landwirtschaftlichen Produktion die Verbesserung der Umweltproblematik Vorrang in der Diskussion genießen sollte. Des Weiteren ist nicht geklärt, welcher Input gesteigert werden kann und soll. In der Diskussion wird auch der Begriff der Intensivierung des Wissens pro Hektar genannt. Dabei ist jedoch sicherzustellen, dass nicht nur produktionstechnisches Wissen verstärkt vermittelt wird, sondern auch das Wissen um Wechselwirkungen und die Verbesserung der Umweltsituation. Insgesamt zeigt der Begriff der nachhaltigen Intensivierung jedoch das Spannungsverhältnis zwischen Produktion und entstehenden Umweltbelastungen auf und kann als Grundlage der Diskussion und des Entwurfs neuer Lösungsansätze dienen.

Literatur

- The Royal Society (2009): Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture. London.
- Tilman, D. et al. (2001): Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 292, 281-284.
- Tscharntke, T. et al. (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity- ecosystem service management. *Ecology Letters* (2005) 8: 857-874. Doi:10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x
- Heißenhuber, A.; Haber, W.; Krämer, C. (2014): 30 Jahre SRU-Sondergutachten „Umweltprobleme der Landwirtschaft“ – eine Bilanz. In Veröffentlichung.
- Buckwell, A. et al (2014): Sustainable Intensification of European Agriculture - A review sponsored by the RISE Foundation. Brussels
- Sutton, M et al. (2011): Too much of a good thing. *Nature* Vol. 472. S. 159-161.



Dr. Alexander Malcharek

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten

Novellierung der Düngeverordnung

Hintergrund

Zur Umsetzung der europäischen Richtlinie zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen aus dem Jahr 1991 (EU-Nitratrichtlinie – 91/676/EWG) haben die Mitgliedsstaaten Aktionsprogramme durchzuführen, die alle vier Jahre zu überprüfen und ggf. fortzuschreiben sind. Das deutsche Aktionsprogramm wird im Wesentlichen mit der Düngeverordnung umgesetzt; das zuletzt gültige Aktionsprogramm ist Ende 2013 ausgelaufen.

Die EU-Kommission (KOM) hat wegen unzureichender Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie im Oktober 2013 ein Vertragsverletzungsverfahren gegen die Bundesrepublik Deutschland eingeleitet und nach Erhalt der deutschen Stellungnahme im Juli 2014 eine mit Gründen versehene Stellungnahme abgegeben. Der Ausgang des Verfahrens steht noch aus, ein Klageverfahren vor dem Europäischen Gerichtshof ist denkbar.

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) hat bereits im Jahr 2011 eine Evaluierung der seit 2006 geltenden Düngeverordnung veranlasst. Derzeit ist nicht absehbar, inwieweit eine Novellierung der Düngeverordnung weitgehend auf Basis der Empfehlungen des 2012 veröffentlichten Evaluierungsberichts erfolgen wird, oder wesentlich weitreichendere Forderungen der KOM umgesetzt werden müssen.

Diskutierte wesentliche Änderungen

Begrenzung des Ausbringens von Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Flächen

- erstmalig einheitliches, verbindliches Sollwertesystem für alle Kulturen und Landwirte in Deutschland mit standortspezifischen Obergrenzen incl. Zu- und Abschlagssystem,
- erweiterte Dokumentationspflichten und Sanktionsmöglichkeiten,
- Biogasgärreste werden in die „170 kg N/ha Regelung“ einbezogen,
- Absenkung des zulässigen Stickstoffüberschusses beim Nährstoffvergleich nach einer Übergangsfrist von vier Jahren auf 50 Kilogramm Stickstoff je Hektar und Jahr.

Zeiträume, in denen das Ausbringen von Düngemitteln auf landw. Flächen verboten ist

- Einführung allgemeiner Sperrzeiten für die Aufbringung von Düngemitteln mit wesentlichen Gehalten an Stickstoff:
 - Ackerland: 01.10. bis 31.01.
 - Grünland und mehrjähriger Feldfutterbau: 1.11. bis 31.01.
 - Feldgemüseflächen sowie Stallmist und Komposte: 1.12. bis 31.01.
- Einführung zusätzlicher Sperrzeiten auf Ackerland:
 Aufbringung von Düngemitteln mit wesentlichen Gehalten an Stickstoff nur bei Düngebedarf nach der Ernte der letzten Hauptfrucht:
 - 1.) bis zum 01.10. zu Zwischenfrüchten, Feldfutter bei Aussaat bis zum 15.09. oder zu Wintergetreide nach Getreidevorfrucht bei Aussaat bis zum 01.10.,
 - 2.) bis zum 15.10. zu Winterraps,
 - aber in beiden Fällen nicht mehr als 40 kg NH₄-N oder 80 kg Gesamt-N je Hektar,
 - 3.) bis zum 01.12. zu Gemüsekulturen.
 - Ausnahmen: Auf Grünland und mehrjährigem Feldfutterbau können andere Zeiten genehmigt werden, soweit der Zeitraum ohne Unterbrechung zwölf Wochen nicht unterschreitet und die Sperrzeit spätestens am 01.12. beginnt; bei Stallmist und Komposten, soweit der Zeitraum ohne Unterbrechung acht Wochen beträgt.

Fassungsvermögen und Bauweise von Behältern zur Lagerung von Dung

- Lagerkapazität für flüssige Wirtschaftsdünger mindestens für den Anfall von 6 Monaten,
- Betriebe mit mehr als 3 GV/ha oder ohne eigene Aufbringungsflächen müssen ab 2020 eine Lagerkapazität von 9 Monaten nachweisen,
- Betriebe mit Festmist müssen ab 2018 eine Lagerkapazität für den Anfall von 4 Monaten nachweisen,
- Bei nicht ausreichender Lagerkapazität im eigenen Betrieb ist Nachweis der überbetrieblichen Lagerung oder Verwertung der die eigene Lagerkapazität übersteigenden Anfallmenge durch schriftliche vertragliche Vereinbarung zulässig.

Ausbringen von Düngemitteln in der Nähe von Wasserläufen und auf stark geneigten Flächen

- Direkter Eintrag in oberirdische Gewässer ist durch Einhaltung eines ausreichenden Abstandes zu vermeiden und es ist dafür zu sorgen, dass kein Abschwemmen in oberirdische Gewässer oder benachbarte Flächen erfolgt.
- Innerhalb eines Abstandes von 1 m bis zur Böschungskante ist die Aufbringung von Düngemitteln verboten.
- Acker-, Dauergrünland- und Dauerkulturflächen, die auf den ersten 20 m zum Gewässer die folgende Hangneigung aufweisen
 - 5 bis unter 10 % – 3 Meter Ausbringverbot für N- und P-Dünger,
 - Mind. 10 % – 4 Meter Ausbringverbot für N- und P-Dünger,
 - Ausbringung zwischen vier und 20 Metern: bei unbestelltem Ackerland nur bei direkter Einarbeitung, auf bestelltem Ackerland mit Reihenkultur nur bei vorhandener Untersaat oder direkter Einarbeitung, ohne Reihenkultur nur bei hinreichender Bestandsentwicklung oder bei Mulch- oder Direktsaatverfahren;
- Vorgaben gelten auch für Festmist.

Agrarische Stoffkreisläufe

Ausbringen von Düngemitteln auf wassergesättigten, überschwemmten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden

- Aufbringen von Düngemitteln auf wassergesättigte, überschwemmte, schneebedeckte und gefrorene Böden ist verboten;
- Ausnahme: Düngung auf Böden, die nachts überfrieren, tagsüber auftauen und aufnahmefähig sind, ist erlaubt, wenn ein Abschwemmen nicht zu besorgen ist.

Abstracts Poster

Inhaltsverzeichnis Poster

<i>Clostridium botulinum</i> – Vorkommen und Verhalten im Biogasprozess <i>Bianca Fröschle, Michael Lebuhn</i>	43
Spurenelemente in der landwirtschaftlichen Biogasproduktion <i>Bernhard Munk, Michael Lebuhn</i>	45
Erfassung der Nährstoffströme im Futterbaubetrieb <i>Brigitte Köhler, Gerhard Dorfner, Friedhelm Taube, Hubert Spiekers</i>	47
Interaktion zwischen Tier und Technik in Milchviehbetrieben mit Spaltenreinigungsrobotern <i>Renate Luise Doerfler, Hannes Petermeier, Heinz Bernhardt</i>	49
Nährstoffbilanz Bayern <i>Matthias Wendland, Konrad Offenberger, Johann Dölling</i>	51
Nutzung pflanzlicher Biomasse mariner Herkunft in der Schweinefütterung am Beispiel von Braunalgen <i>Christiane Becker, Carmen Fahn, Jie Zhao, Wilhelm Windisch</i>	53
Anpassungsfähigkeit von Pansenmikroorganismen bei Wechsel von energie- und rohfaserreicher Fütterung <i>Carmen Fahn, Elisabeth Zißler, Wilhelm Windisch</i>	54
Ein semantisches 3D + t Datenmodelle als Integrationsplattform zur Analyse der Agrarlandschaft <i>Thomas Machl, Gerhard Fischl, Andreas Donaubauber und Thomas H. Kolbe</i>	55
Innovatives Nährstoff- und Energiemanagement durch anaerobe Gärung (Biogas) - EU-Forschungsprojekt „INEMAD“ <i>Sonja Kay, Claudia Ziegler, Jeroen Buysse</i>	58
Greenhouse gas flux measurements and predictions in prealpine agroecosystems <i>Christoph Thieme, Christian Klein, Florian Heinlein, Christian Biernath, Jean-Charles Munch, Eckhart Priesack</i>	59
Does Consumer Ethnocentrism influence product knowledge? <i>Carolin Claudia Seitz, Jutta Roosen</i>	60

***Clostridium botulinum* – Vorkommen und Verhalten im Biogasprozess**

Bianca Fröschle, Michael Lebuhn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und
Untersuchungswesen, Lange Point 6, 85354 Freising

Einleitung

Clostridium botulinum zählt zu den sporenbildenden, obligat anaerob wachsenden Bakterien. Durch die Bildung des Nervengifts Botulinum-Neurotoxin ist es in der Lage, schwerwiegende, u.U. tödliche Vergiftungen bei Mensch und Tier auszulösen: den sog. Botulismus. Neben einer akuten Form wurde seit den 1990er Jahren vermehrt auch von einer chronischen Form („viszeraler“ Botulismus) bei Rindern berichtet. Das Krankheitsbild und eine ursächliche Beteiligung von *C. botulinum* sind bisher wissenschaftlich nicht gesichert. (BfR, 2012). In den Medien wurde dennoch wiederholt behauptet, Biogasanlagen trügen zur Verbreitung von *C. botulinum* bei und stellten damit ein hygienisches Risiko für Mensch und Tier dar. Diese Vorwürfe sollten in dieser Studie mit wissenschaftlichen Untersuchungen und Daten aus der Praxis geprüft werden.

Material und Methoden

Der Nachweis des Erregers erfolgte über eine kombinierte Methode aus kultureller Anreicherung und molekularbiologischer Detektion mittels quantitativer Real-Time PCR (qPCR). In einem Screening-Ansatz wurden Einsatzstoffe, Fermenterinhalt (Hauptgärer) und Material aus nachgeschalteten Prozessstufen (Nachgärer und Endlager) ausgewählter bayerischer Biogasanlagen qualitativ auf die Anwesenheit von *C. botulinum* untersucht. In Keimträgerversuchen wurde das Verhalten des Keims im Biogasprozess quantitativ bestimmt. Dazu wurde *C. botulinum* in mesophile (38°C) sowie thermophile (55°C) Labor-Fermenter eingebracht und der Verlauf der Keimzahlen gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Screening wurden insgesamt 106 Proben aus Praxis-Biogasanlagen untersucht. Davon waren 34,0% pflanzliche Substrate (z.B. Silagen), 12,3% tierische Substrate (z.B. Gülle, Festmist), 23,6% Gärgemische aus Fermentern und 30,2% Gärprodukte (z.B. Material aus Nachgärern). In keiner der untersuchten Proben konnte *C. botulinum* nachgewiesen werden. Die Keimträgerversuche ergaben, dass *C. botulinum* sowohl im mesophilen und noch wesentlich schneller im thermophilen Betrieb reduziert wurde. Die Zeit, die zur Reduktion um 90% benötigt wurde (D-Wert), betrug bei 38°C 34,6 ± 11,2 d und bei 55°C 1,0 ± 0,2 d.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass auch der durch die Fähigkeit zur Sporenbildung widerstandsfähige und wärmeliebende *C. botulinum* durch den Biogasprozess reduziert wird. Die hygienische Qualität ist damit im Gärprodukt gegenüber den unbehandelten Einsatzstoffen wie Gülle bzw. Mist verbessert. Eine Vermehrung der Keime wurde in keinem Fall festgestellt. Die Abwesenheit von *C. botulinum* in den Proben von Praxisbetrieben belegt, dass dieser Organismus in

diesem Umfeld bei guter fachlicher Praxis von untergeordneter Bedeutung ist.

Literatur

BfR (2012): Fragen und Antworten zum chronischen Botulismus - Aktualisierte FAQ des BfR vom 10. Februar 2012.
<http://www.bfr.bund.de/cm/343/fragen-und-antworten-zum-chronischen-botulismus.pdf>.

Bianca Fröschele, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen, Lange Point 6, 85354 Freising, bianca.froeschle@lfl.bayern.de

Spurenelemente in der landwirtschaftlichen Biogasproduktion

Bernhard Munk, Michael Lebuhn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen, Lange Point 6, 85354 Freising

Einleitung

Spurenelemente, meist Metalle bzw. Schwermetalle, spielen eine essentielle Rolle bei der anaeroben Vergärung. Sie werden bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen sowie in der Tierernährung eingesetzt. Vor allem bei der Mono-Vergärung mancher nachwachsender Rohstoffe wie z.B. Mais kann es bei bestimmten, für den Prozess wichtigen Mikroorganismen zu einem Mangel kommen, dem durch die gezielte Zugabe von z.B. Nickel, Kobalt, Selen oder Natrium vorgebeugt oder entgegengewirkt werden kann (1-3). Allerdings können die meisten Spurenelemente als Schwermetalle in höherer Konzentration toxisch wirken und erfordern deshalb einen vorsichtigen Umgang. Aktuell befinden sich am Markt einige Hersteller von Prozesshilfsmitteln mit Spurenelementen, jedoch werden die Inhaltsstoffe und die enthaltenen Konzentrationen nicht immer angegeben. Für einen sachgerechten Einsatz ist deshalb höhere Transparenz nötig, um mögliche Gefährdungen für Mensch und Umwelt zu vermeiden.

Material und Methoden

Verschiedene Gärssubstrate sowie Gärgemische mit und ohne Spurenelementverarmung wurden nach Extraktion (Gesamtgehalte) mittels ICP-OES („optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppelten Plasmas“) auf Spurenelementgehalte untersucht. Auf Basis dieser Daten und der entsprechenden Biogasproduktion aus kontinuierlichen Gärversuchen wurden Spurenelementkonzentrationsbereiche für einen optimalen Gärprozess erstellt.

Ergebnisse und Diskussion

Substratanalysen ergaben für Maissilage eine geringere Spurenelementkonzentration als z.B. für Grassilage (4). Vor allem hinsichtlich Kobalt, Natrium, Nickel und Selen kann beim Betrieb mit Maissilage eine Unterversorgung auftreten (1-3). Um Betriebsstörungen vorzubeugen, sollten Defizite im Substrat durch spezifische Zugabe von Spurenelementen bzw. Gülle oder Grassilage als Substitute auf Basis von Bilanzierungen ausgeglichen werden (Tabelle 1). Eine höhere Zugabe als zum optimalen Prozessbetrieb benötigt führt nicht zu einer weiteren Steigerung der Produktivität sondern kann toxische Wirkungen hervorrufen.

Tabelle 1: Mindestgehalte und „Wohlfühlbereiche“ für wichtige Spurenelemente in methanogenen Gärgemischen landwirtschaftlicher Biogasanlagen

Konzentration [mg/kg FM]	Na	Ni	Co	Mo	Se
Mindestgehalt	> 10	> 0,06	> 0,03	> 0,05 (?)	> 0,008 (?)
„Wohlfühlbereich“	25 – 1.000	0,12 – 1,0	0,06 – 0,50	0,08 – 0,50	0,01 – 0,05

FM: Frischmasse; ?: noch nicht abgesichert;

Schlussfolgerungen

Ein spezifisch angepasster Zusatz von Spurenelementen oder substituierenden Substraten kann bei entsprechendem Mangel den Biogasprozess optimieren. Die zuzusetzenden Mengen sind für jede Biogasanlage und Betriebsweise spezifisch zu berechnen, um nur die nötige Konzentration einzusetzen und mögliche Gefahren für Mensch und Umwelt zu vermeiden.

Literatur

- (1) M. Lebuhn, F. Liu, H. Heuwinkel, A. Gronauer (2008) Biogas production from mono-digestion of maize silage – long-term process stability and requirements. *Water Sci. Tech.* 58(8), 1645-1651
- (2) B. Munk, C. Bauer, A. Gronauer, M. Lebuhn (2010) Population dynamics of methanogens during acidification of biogas fermenters fed with maize silage, *Engineering in Life Sciences*, 10, 496–508, doi:10.1002/elsc.201000056.
- (3) B. Munk, M. Lebuhn (2014) Process diagnosis using methanogenic *Archaea* in maize-fed, trace element depleted fermenters. *Anaerobe*, DOI:10.1016/j.anaerobe.2014.04.002, pp. 7
- (4) M. Lebuhn, B. Munk, M. Effenberger (2014) Agricultural biogas production in Germany - from practice to microbiology basics, *Energy, Sustainability and Society*, 4:10, doi:10.1186/2192-0567-4-10.

Autorenanschrift

Bernhard Munk, LfL-AQU1c, Lange Point 6, 85354 Freising

eMail: bernhard.munk@lfl.bayern.de

Telefon: 08161-71-3978

Erfassung der Nährstoffströme im Futterbaubetrieb

Brigitte Köhler¹, Gerhard Dorfner², Friedhelm Taube³, Hubert Spiekers¹

¹Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub, ²Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, München, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL);

³Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität Kiel.

Einleitung

Bei knapper werdenden Ressourcen wird eine effiziente Futterwirtschaft für Futterbaubetriebe zu einem wesentlichen Wirtschaftlichkeitsfaktor. Dabei müssen sich die Betriebe den zunehmenden Herausforderungen einer ressourcen- wie umweltschonenden Futterproduktion stellen. Um ein optimiertes Nährstoffmanagement zu erreichen, bedarf es einer besseren Steuerung der Mengen- und Nährstoffströme. In der Praxis muss dafür eine Messbarkeit von Menge und Qualität gewährleistet werden. Ziel ist es, ein praxisgängiges Mengenerfassungssystem mit einem systematischen Qualitätscontrolling für die Praxis zu etablieren.

Material und Methoden

In einem interdisziplinären Forschungsprojekt der LfL wurde an fünf Lehr-, Versuchs- und Fachzentren (LVFZ) eine vierjährige Gesamtanalyse zu den Masse- und Nährstoffströmen

durchgeführt. Dazu wurde eine quantitative und qualitative Erfassung der Futterströme vom „Feld bis zum Trog“ auf einzelbetrieblichem Niveau vorgenommen (Abb. 1).

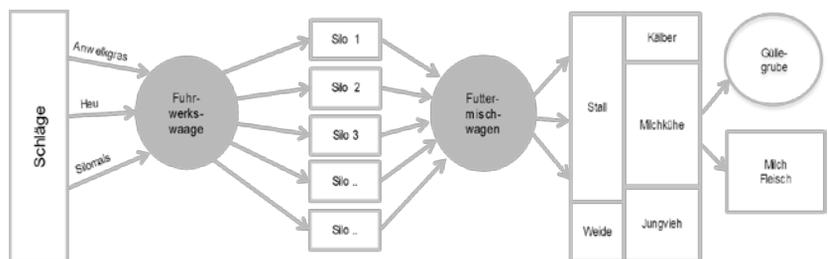
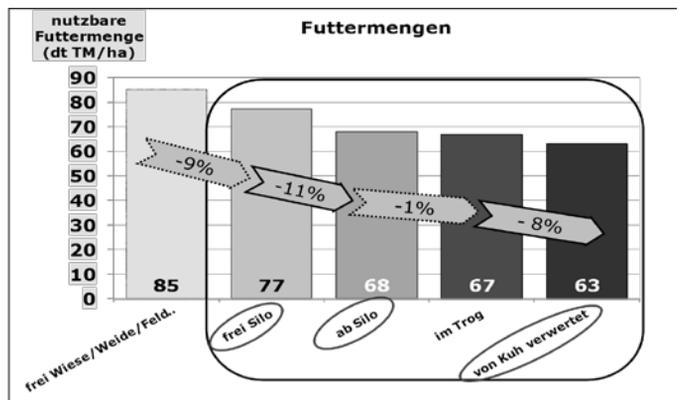


Abb. 1: Messstellen im Futterbaubetrieb

Ergebnisse

Mit dem Messsystem stehen dem Futterbaubetrieb wichtige Ertrags- und Qualitätsdaten zur Verfügung. Die Untersuchungen beim Grobfutter vom „Feld bis zum Trog“ ergaben bei einem Beispielsbetrieb Trockenmasse(TM)-Verluste in Höhe von 29 % (Abb. 2). Die Daten an den einzelnen Messstellen liefern dem Landwirt wichtige Informationen, um Optimierungsmaßnahmen zur Reduzierung von Verlusten im Betrieb abzuleiten. Nur über die Ertragserfassung kann der Entzug flächenspezifisch sachgerecht ermittelt werden.



Quelle: Dorfner, 2013; Datenauswertung: Köhler, 2013;
Betrieb: LVFZ Achselschwang, Grobfutter: Gras-, Maissilage und Heu

Abb. 2: Futtermengenverluste (in TM) vom „Feld bis zum Trog“ am Beispiel eines Futterbaubetriebs

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben zeigen, dass erhebliche Reserven zur Verbesserung der Futterwirtschaft vorhanden sind. Dabei wird die Etablierung eines praxisfähigen Ertrags- und Futtermengenerfassungssystems als Grundvoraussetzung für eine effiziente Futterwirtschaft angesehen. Dies beinhaltet auch ein systematisch aufgebautes „Controlling“ auf Betriebsebene zur Erzielung hoher Grobfutterqualitäten und geringen Verlusten „vom Feld bis zum Trog“. Moderne Systeme der Ertragserfassung stehen hierzu zur Verfügung.

Interaktion zwischen Tier und Technik in Milchviehbetrieben mit Spaltenreinigungsrobotern

Renate Luise Dörfler¹, Hannes Petermeier², Heinz Bernhardt¹

¹ Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

² Technische Universität München, Zentrum Mathematik, Lehrstuhl für Mathematische Statistik, Fachgebiet Biostatistik, Maximus-von-Imhof-Forum 2, 85354 Freising

Einleitung

Die Interaktion von Tier und Technik im kybernetischen System ist durch einen zielgerichteten, wechselseitigen Informationsaustausch gekennzeichnet (Wiener, 1992). In der Tierhaltungstechnik von heute erfolgt die Übermittlung von Informationen überwiegend auf dem Weg von der Technik zum Tier. Mit Hilfe intelligenter Systeme kann aus einer einfachen, einseitigen Informationsübertragung jedoch eine wechselseitige Kommunikation (z. B. visuell, taktil, olfaktorisch) entstehen. Die Zielsetzung der Untersuchung bestand darin, die Qualität der Interaktion zwischen Milchkühen und Spaltenreinigungsrobotern zu analysieren.

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde im Januar und Februar 2013 in der Milchviehherde der Versuchsstation Veitshof der Technischen Universität München durchgeführt. Dort wurde ein Spaltenroboter zur Reinigung der Laufflächen eingesetzt. Daten zur Interaktion zwischen Tier und Technik wurden über einen Zeitraum von drei Wochen mit Videokameras aufgezeichnet und danach qualitativ ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Kühe, die dem fahrenden Spaltenreinigungsroboter auf der Lauffläche begegneten, wichen in der Regel aus. Anders war dies bei Tieren, die sich am Fressplatz befanden. Sie traten erst kurz vor oder bei der Berührung durch den Roboter aus dem Fressgitter heraus und entfernen sich dann. Den von hinten an sie heranfahrenden Spaltenreinigungsroboter konnten am Fressplatz befindliche Kühe nicht visuell wahrnehmen, da ihr Blickfeld nur 330 Grad beträgt. Wurden die Tiere erst bei Berührung ihrer Hintergliedmaßen auf das Gerät aufmerksam, war das Heraustreten aus dem Fressgitter äußerst schwierig für sie. Die Übermittlung von Informationen vom Tier zum Roboter erfolgte ausschließlich über taktile Kommunikation. Der Spaltenreinigungsroboter detektierte eine Kuh lediglich über den Widerstand, den sie dem Antrieb des Geräts beim Kontakt bot.

Schlussfolgerung

Eine stärkere Berücksichtigung der Informationsübermittlung vom Tier zur Technik ist eine wichtige Voraussetzung für einen sicheren, tiergerechten und leistungsfähigen Betrieb des Spaltenreinigungsroboters.

Literatur

Wiener, N. (1992): Kybernetik: Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine. Düsseldorf

Autorenanschrift: Dr. Renate Luise Dörfler, Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, E-Mail: reate.doerfler@wzw.tum.de

Nährstoffbilanz Bayern

Dr. Matthias Wendland¹, Konrad Offenberger¹, Johann Dölling¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

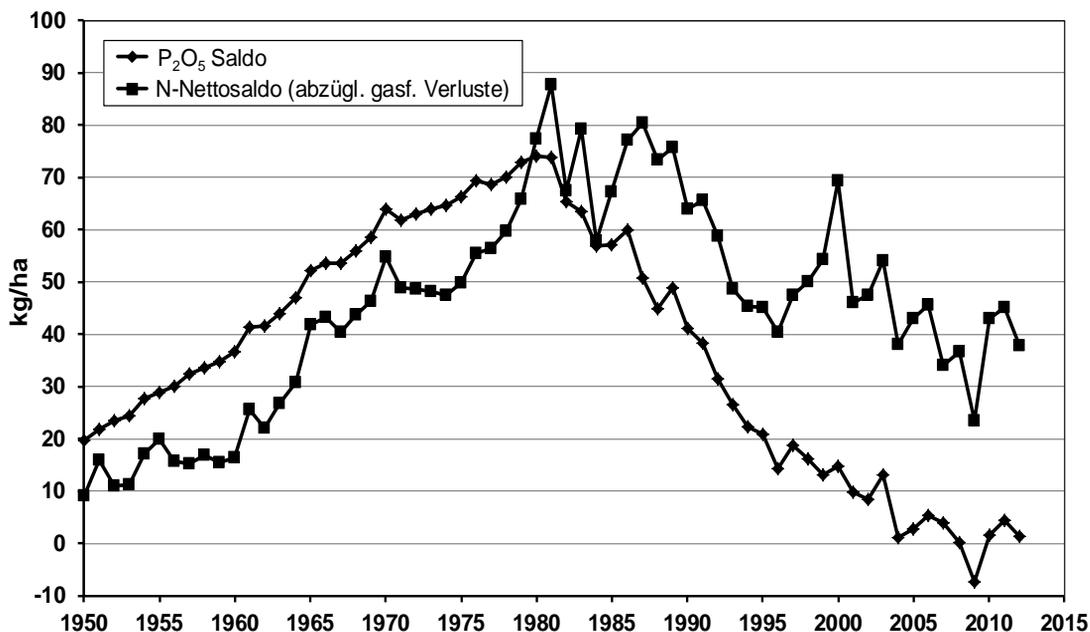


Abbildung 1: Entwicklung der Nährstoffbilanz Bayern

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Nährstoffbilanz Bayern von 1950 bis 2012. Datengrundlage für die Anbauflächen und Erträge ist von 1950 bis 2009 das Statistische Landesamt, ab 2010 wurden die Daten des Mehrfachantrages verwendet. Die Berechnung berücksichtigt die N-Fixierung der Leguminosen, den Mineraldüngerzukauf, die Ausbringung der Wirtschaftsdünger und sonstiger organischer Dünger, wobei die Verluste nach der Düngeverordnung berechnet wurden. Die Deposition ist der Denitrifikation gleichgesetzt. Für die Berechnung der Nährstoffabfuhr von Grundfutterflächen wurden nicht die Erträge, sondern die mögliche Nährstoffaufnahme der Tiere (und Biogasanlagen) über das Grundfutter herangezogen. Aktuell ist die Nährstoffbilanz für Phosphat ausgeglichen, die Bilanz für Stickstoff schwankt jahrgangsbedingt um 40 kg N/ha.

Tabelle 1: Nährstoffanfall aus Tierhaltung und Biogasanlagen in kg/ha Bayern 2012

	N brutto	N netto	P ₂ O ₅	K ₂ O
Rinder	73,2	49,3	25,2	89,0
Schweine	14,7	8,7	7,0	7,2
Geflügel	1,7	0,8	1,0	0,9
Sonstige Tiere	3,2	1,6	1,3	3,8

Agrarische Stoffkreisläufe

Biogas	20,4	16,6	8,4	23,8
Summe	113,2	77,1	42,8	124,7

Im Jahr 2012 fielen je ha LF 113,2 kg Stickstoff brutto aus der Tierhaltung und aus Biogasanlagen an. Die hohe Biogasanlagendichte Bayerns zeigt sich in einem Beitrag von 20,4 kg N/ha. Dabei wurden je kW ein Anfall von 86 kg N aus nachwachsenden Rohstoffen unterstellt.

Dr. Matthias Wendland, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising, E-Mail: matthias.wendland@LfL.bayern.de

Nutzung pflanzlicher Biomasse mariner Herkunft in der Schweinefütterung am Beispiel von Braunalgen

Christiane Becker¹⁾, Carmen Fahn¹⁾, Jie Zhao²⁾, Wilhelm Windisch¹⁾

¹⁾Lehrstuhl für Tierernährung, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München

²⁾Haizhibao Deutschland GmbH, Freising

Landwirtschaftliche Nutztiere werden in großem Umfang mit hochverdaulichen Futtermitteln terrestrischer Herkunft gefüttert (z.B. Mais, Weizen, Soja), um ihre Effizienz zu erhöhen und die stetig wachsende Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft zu decken. Diese Futtermittel sind jedoch größtenteils auch vom Menschen verzehrbar, so dass die Tierfütterung zunehmend in einen Zielkonflikt mit der Humanernährung gerät. Eine Möglichkeit zur Lösung dieses Konflikts wäre etwa die Nutzung pflanzlicher Biomasse mariner Herkunft als Futtermittel, wie z.B. Braunalgen der Gattung *Laminaria*, die in Asien in Aquakultur angebaut werden. Sie bestehen hauptsächlich aus schwer verdaulichen Kohlenhydraten und werden für die Tierernährung bislang nicht genutzt. Allerdings haben sie als Hüllmaterial für Sushi und als Rohstoff für Alginat bereits Einzug in die Humanernährung gefunden. Darüber hinaus gelten sie in Ostasien als Lebensmittel mit gesundheitsfördernder Wirkung auf den Verdauungstrakt, mutmaßlich aufgrund eines prebiotischen Effekts. Dies macht Braunalgen für die Stabilisierung der Darmgesundheit von Absetzferkeln interessant. Systematische Untersuchungen zur Wirkung von Braunalgen auf die Darmgesundheit liegen bislang jedoch kaum vor.

Um erste valide Daten zu generieren, wurden 3 Fütterungsversuche mit Absetzferkeln durchgeführt, in denen bis zu 5% der Ration durch *Laminaria*-Braunalgen ersetzt wurden. Obwohl ein Teil des hochverdaulichen Ferkelfutters durch die weitgehend unverdaulichen Braunalgen ersetzt wurde, blieb die Gewichtszunahme der Tiere unverändert. Darüber hinaus zeigte sich eine dosisabhängige, signifikante Verbesserung der Futtermittelverwertung (unveränderter Zuwachs mit weniger Futter). Es kann also davon ausgegangen werden, dass Braunalgen in der Fütterung von Aufzuchtferkeln einen leistungsfördernden Effekt aufweisen. Ein Anstieg des Rohproteins in den Faeces der algenbehandelten Versuchstiere deutet zwar auf ein vermehrtes Mikrobewachstum und damit auf einen gewissen prebiotischen Effekt hin. Eine genauere Quantifizierung und Differenzierung der Mikrobepopulationen in verschiedenen Segmenten des Verdauungstrakts, sowie die Messung von Biomarkern der intestinalen Immunantwort bestätigten die positive Wirkung auf die Darmgesundheit, allerdings ohne einen klaren Hinweis auf die vermutete prebiotische Wirksamkeit.

Zusammenfassend kann angenommen werden, dass der Zusatz von Braunalgen zum Futter von Aufzuchtferkeln einen wachstumsfördernden Effekt hat, wobei der genaue Wirkmechanismus weiterhin unklar ist und in weiteren Untersuchungen spezifiziert werden muss.

Autorenanschrift

Dr. Christiane Becker
Lehrstuhl für Tierernährung
Liesel-Beckmann-Straße 2
85354 Freising

Anpassungsfähigkeit von Pansenmikroorganismen bei Wechsel von energie- und rohfaserreicher Fütterung

Carmen Fahn, Elisabeth Zißler, Wilhelm Windisch

Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München

Im Nutzungskonflikt um agrarische Biomasse (Nahrung, Energie, industrieller Rohstoff) kommt den Wiederkäuern unter den Nutztieren eine bedeutende Rolle zu, denn sie wandeln nicht-essbare, faserreiche Biomasse in menschliche Lebensmittel um. Diese außerordentliche Fähigkeit liegt im komplexen und je nach Zusammensetzung des Futters variablen mikrobiellen Ökosystem ihrer Vormägen begründet. Das Ziel dieser Studie war es, die quantitative Anpassung des ruminalen Mikrobioms in Abhängigkeit des Charakters der Futtermation (faserreich – energiereich) nach einer Futterumstellung mit molekularbiologischen Methoden zu untersuchen.

Für die Untersuchung standen acht nicht-laktierende, pansenfistulierte Milchkühe zur Verfügung, die um 7 und 16 Uhr auf dem Niveau des energetischen Erhaltungsbedarfs gefüttert wurden. Jeweils die Hälfte der Tiere erhielt zur Adaptation 3 Wochen lang eine faserbetonte bzw. energiebetonte Ration. Danach wurde für jedes Tier die Ration getauscht und nach 4 Wochen Fütterung erneut für 4 Wochen zurückgetauscht. Während den zwei 4wöchigen Fütterungsperioden wurde jeweils am Tag 0, 1, 2, 4, 7, 14, 21 sowie 28 unmittelbar vor der Morgenfütterung Pansensaft entnommen und die Konzentration an mikrobieller DNA mittels qPCR bestimmt.

Im Kontext zur vorhandenen Literatur konnte auch in der vorliegenden Untersuchung gezeigt werden, dass die allgemeine Bakteriendichte bei einer energiereichen Ration höher ist als bei einer faserreichen Ration. Zudem war die Streuung der Messwerte zwischen den Tieren bei der faserreichen Ration deutlich höher als bei der energiebetonten Ration.

Bei Umstellung von energiereicher zu faserreicher Fütterung nahm die Bakteriendichte von Tag 7 auf Tag 14 nach der Futterumstellung signifikant ab und blieb anschließend konstant auf diesem Niveau. Die Streuung der Messwerte zwischen den einzelnen Tieren stieg unmittelbar nach der Futterumstellung und den darauffolgenden Tagen deutlich an. Wurde dagegen von der faserreichen zur energiebetonten Futtermation umgestellt, nahm die Bakteriendichte innerhalb des ersten Tages um ca. 10 % zu, sank vorübergehend bis Tag 7 ab um sich anschließend auf einem anhaltend höheren Niveau einzupendeln als bei faserreicher Fütterung. Die Streuung der Messwerte war ab der Futterumstellung geringer als bei faserreicher Fütterung.

Das je nach Richtung der Futterumstellung andersartige Reaktionsmuster der Mikrobendichte (Einbruch der Mikroorganismenpopulation vs. Oszillation) und die unterschiedlich ausgeprägte Streuung der Messwerte zwischen den Tieren einer Futtergruppe deutet auf Wechselwirkungen zwischen dem Mikrobiom und dem Wirtstier hin.

Autorenanschrift

Dr. Carmen Fahn
Technische Universität München-Weihenstephan
Lehrstuhl für Tierernährung
Liesel-Beckmann-Str. 2
D-85354 Freising
E-Mail: carmen.fahn@wzw.tum.de

Ein semantisches 3D + t Datenmodelle als Integrationsplattform zur Analyse der Agrarlandschaft

Thomas Machl, Gerhard Fischl, Andreas Donaubaue und Thomas H. Kolbe

Lehrstuhl für Geoinformatik

Ein anhaltender Strukturwandel in der Landwirtschaft und nicht zuletzt auch die Ausweitung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe für stoffliche und energetische Nutzung haben in den vergangenen Jahrzehnten zu einer deutlichen Veränderung der Agrarlandschaft und zu einer Veränderung der Stoff- und Güterströme in der Landwirtschaft beigetragen.

Ziel der Forschungslinie "3D + t Landmodellierung" am Lehrstuhl für Geoinformatik der Technischen Universität München ist die Abbildung der Agrarlandschaft als komplexes System interagierender und sich verändernder Elemente in einem semantischen 3D + t Datenmodell. Durch klare Definition von Objektklassen und Attributen, der Konformität mit bestehenden ISO-Standards sowie der Möglichkeit zur semantischen Anreicherung bzw. anwendungs- bzw. fachspezifischen Erweiterung (sog. ADE Application Domain Extension) dient dieses Datenmodell als Integrationsplattform für die Entwicklung komplexer Analysemethoden unterschiedlicher Fachdisziplinen und damit für eine tiefgreifenden Analyse der Agrarlandschaft und ihrer Veränderungsprozesse (vgl. Abb. 1).

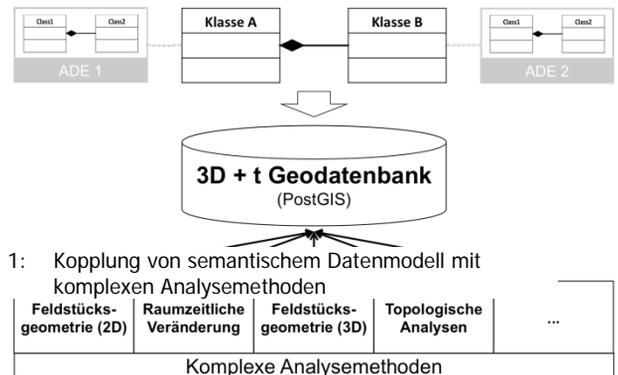


Abb. 1: Kopplung von semantischem Datenmodell mit komplexen Analysemethoden

Basierend auf dieser Integrationsplattform werden verschiedene Analysemethoden u.a. für ein flächendeckendes Monitoring regionaler Flächen- bzw. Anbaustrukturen (vgl. MACHL et al., 2013) sowie Methoden zur Erkennung, Dokumentation und Beschreibung raum-zeitlicher Veränderungsprozesse in der Agrarlandschaft entwickelt. Darüber hinaus erfolgt auch eine prototypische Entwicklung von Geodesign-Tools, welche aufgrund ihrer engen Kopplung von Entwurf und Wirkungsanalyse bereits in einer frühen Planungsphase eine Abschätzung der Effekte der Planung zulassen. Durch die vollständige Automatisierung des Analyseprozesses bieten derartige Tools Planern und Entscheidungsträgern somit die Möglichkeit, alternative Planungsszenarien objektiv zu vergleichen und dadurch die Planungen in einem iterativen Prozess zu optimieren.

So ist es beispielsweise bereits möglich, die Effekte eines geplanten Biomassekraftwerks (in diesem Fall einer Biogasanlage) auf das landwirtschaftliche Transportaufkommen und die Belastung des Verkehrswegenetzes durch landwirtschaftlichen Verkehr abzuschätzen. Dem Analysewerkzeug werden durch den Planer Parameter wie möglicher Standort und geplante elektrische Leistung übergeben. Auf Grundlage der Kulturen umgebender Flächen, dem standortüblichen Biomasse- und dem damit verbundenen zu erwartenden Biogasertragspotential erfolgt zunächst eine Abschätzung des zur Auslastung der Biogasanlage erforderlichen Einzugsgebiets. Dabei können einzelne Flächen bzw. Flächen mit nicht zur Biomassegewinnung genutzten Kulturen von einer Nutzung zur Biogaserzeugung ausgeschlossen werden. Auf Basis des errechneten Einzugsgebiets erfolgt in einem nächsten

Schritt die Berechnung der Transportentfernungen der einzelnen Felder zum Biomassekraftwerk und eine Abschätzung der mit der Beschickung der Biogasanlage bzw. der mit der Rückführung des Gärrestsubstrats verbundenen Belastung der Verkehrswege. Der Planer hat hier ebenso die Möglichkeit, einzelne Verkehrswege oder auch Klassen von Verkehrswegen (z.B. Wege durch Siedlungen) von der Nutzung als Transportweg auszuschließen. Neben der Berechnung des Einzugsgebiets und der Fahrwege erfolgt auch eine Abschätzung der Substratzusammensetzung bei standortüblichen Gegebenheiten. Diese Schätzung erfolgt mittels in das semantische Datenmodell integrierter LPIS-Daten.

Abb. 2 zeigt das Ergebnis einer durchgeführten Wirkungsanalyse für

folgende Annahmen: geplante Biogasanlage mit einer geplanten el. Leistung von 500 kW, Methanhektarerträge bzw. des daraus erzielbaren el. Stromertrag je ha (el. Wirkungsgrad 32 %) gemäß KTBL (2006), mittleres Ertragsniveau und Beschickung der Biogasanlage mit der gesamten zur Erzeugung von Biogas üblichen Biomasse umliegender lw. Flächen. Damit markiert das ermittelte Einzugsgebiet die Untergrenze des zur Deckung des Biomassebedarfs erforderlichen Einzugsbereichs.

In weiteren Ausbaustufen könnten weitere Aspekte wie beispielsweise Effekte auf das Erosionsgeschehen (3D / mögliche Veränderung des Kulturartenspektrums), die Nähe zu Energiesenken (Haushalte, zentrale Einrichtungen, etc.) und Versorgungsleitungen (Erdgasnetz, Fernwärmenetz) bzw. alternative Biomassequellen (z.B. lw. Reststoffe) in die Betrachtung einfließen und so dem Anwender ein umfassenderes Bild der Planungseffekte an die Hand zu geben.

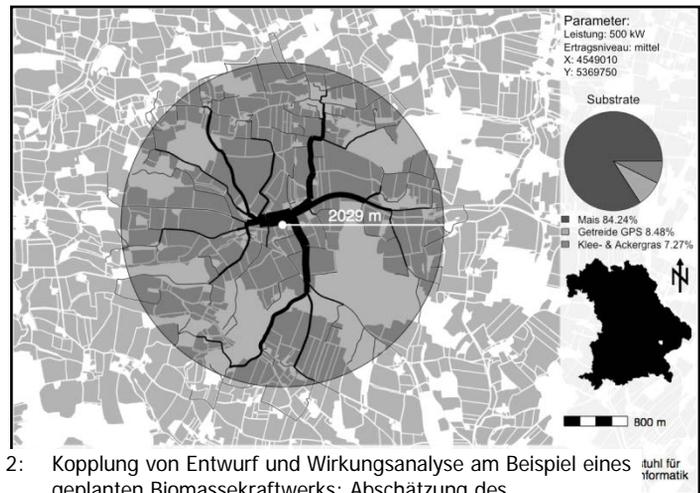


Abb. 2: Kopplung von Entwurf und Wirkungsanalyse am Beispiel eines geplanten Biomassekraftwerks: Abschätzung des Einzugsgebiets und der Belastung des Verkehrswegenetzes

Förderung und Projektpartner

Die Finanzierung des Projekts „2D + t Landmodellierung“ erfolgt durch die Verwaltung für Ländliche Entwicklung des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung Landwirtschaft und Forsten. Projektpartner des Forschungsvorhabens sind folgende Einrichtungen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft: Abteilung Informations- und Wissensmanagement, Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur sowie das Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz.

Quellenangabe

KTBL. (2006). Energiepflanzen (KTBL Ed.). Darmstadt.

Machl, T., Donaubaue, A., Auernhammer, H. und Kolbe, T. H. (2013). Shape and Ergonomics: Methods for Analyzing Shape and Geometric Parameters of Agricultural Parcels. In: EFITA-WCCA- CIGR Conference "Sustainable Agriculture through ICT Innovation", Turin.

Anschrift

Lehrstuhl für Geoinformatik
GIS-Labor am WZW
Maximus-von-Imhof-Forum 6
85354 Freising-Weihenstephan
{thomas.machl, gerhard.fischl, andreas.donaubaue, thomas.kolbe}@tum.de



Innovatives Nährstoff- und Energiemanagement durch anaerobe Gärung (Biogas) - EU-Forschungsprojekt „INEMAD“

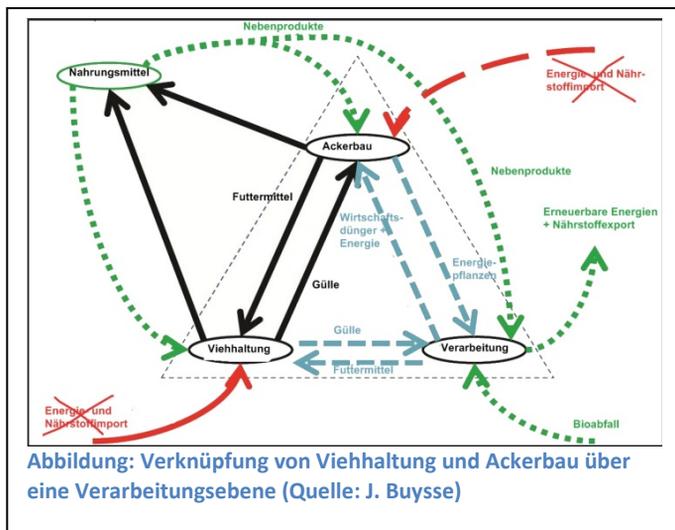
Sonja Kay¹, Claudia Ziegler¹, Jeroen Buysse²

¹IZES gGmbH, ² University Gent – Department of Agricultural economics

SPEZIALISIERUNG wurde in der Landwirtschaft der vergangenen Jahre groß geschrieben. Waren früher Viehhaltung und Ackerbau auf einem Betrieb vereint; galt in den Folgejahren die Frage: Viehhaltung oder Ackerbau? Dies führte zu einer (regionalen) Trennung von Ackerbau- und Viehhaltungsbetrieben. Mit der Folge, dass heute Veredelungsregionen mit hohen Viehdichten z.T. massive Nährstoffüberschüsse in Form von Gülle und Mist aufweisen. Wohingegen viele Ackerbauregionen mineralische Düngemittel - zu schwankenden Preisen - zukaufen.

An diesem Punkt greift INEMAD ein und beschäftigt sich mit der Frage, welche Methoden entwickelt werden könnten, um Energie-, Substrat- und Nährstoffströme zu schließen. Ziel ist es innovative Strategien zur (Wieder)Verknüpfung der beiden Erwerbszweige – Viehhaltung und Ackerbau – zur optimalen Nährstoffnutzung zu etablieren.

Ein Weg kann über die Verarbeitung und Aufbereitung von Gülle u.a. durch Vergärung hin zu einem marktfähigen Düngemittel führen. Idealerweise könnte die Viehhaltung Gülle an die



Verarbeitung liefern, der Ackerbau erhalte den aufbereiteten Wirtschaftsdünger (vgl. Abbildung).

Um diese Idee Wirklichkeit werden zu lassen, werden aktuell die Rahmenbedingungen in den Partnerländern Belgien, Dänemark, Frankreich, den Niederlanden, Deutschland sowie Ungarn, Kroatien und Bulgarien zusammengetragen. Bestehende (landwirtschaftliche) Kooperationen wie Güllebörsen, Gemeinschaftsbiogasanlagen oder Wissensplattformen werden

gesammelt. Rechtliche Rahmenbedingungen (z.B. für den Transport, die Zusammensetzung, Ausbringungsmengen und -zeiten von Wirtschaftsdüngern) und Umfragen bei Praktiker (welche Voraussetzungen muss Wirtschaftsdünger erfüllen, um Mineraldünger in der Praxis zu ersetzen) untermauern die Untersuchung. Dabei zeigen die ersten Ergebnisse deutliche regionale Unterschiede in den EU Ländern. Abgerundet werden die Analysen durch Energie- und Stoffstromanalysen der einzelnen Aufbereitungstechnologien. Ziel ist es, belastbare Aussagen für die verschiedenen Möglichkeiten des Nährstoffmanagements bzw. dessen Austauschs zu generieren und daraus Empfehlungen für Politik und Praxis abzuleiten.

Kontakt: Sonja Kay, IZES gGmbH - Abteilung Stoffströme, Altenkesseler Straße 17, Geb. A1, 66115 Saarbrücken, Tel: 0681-9762-858, Fax: 0681-9762-850, Mail: kay@izes.de

Greenhouse gas flux measurements and predictions in prealpine agroecosystems



Christoph Thieme, Christian Klein, Florian Heinlein, Christian Biernath, Jean-Charles Munch, Eckart Priesack
Chair of Soil Ecology, WZV

Background

As agricultural soil management is the major anthropogenic source of N₂O emissions and the worldwide demand for food is still growing, management strategies to reduce emissions of N₂O from arable lands need to be developed. However, to achieve this, conditions which are responsible for these emissions must be understood adequately at first. Therefore mathematical models and measurements are important tools, because they can help to better understand the role of state variables and the interacting processes affecting N₂O emissions.

Location and Measurements:

The research farm Scheyern is located 40 km north of Munich in a hilly landscape (a). There, a great variety of soil parameters are measured since 20 years. Additionally, N₂O flux measurements by using the Eddy Covariance (EC) method will start this summer. The aim of our flux-measurements in combination with measurements of soil and atmospheric parameters (Fig 1) is a better understanding of the conditions, that control N₂O exchange between soil and atmosphere. This includes atmospheric controls on N₂O exchange, that can be only detected by using the eddy covariance method.

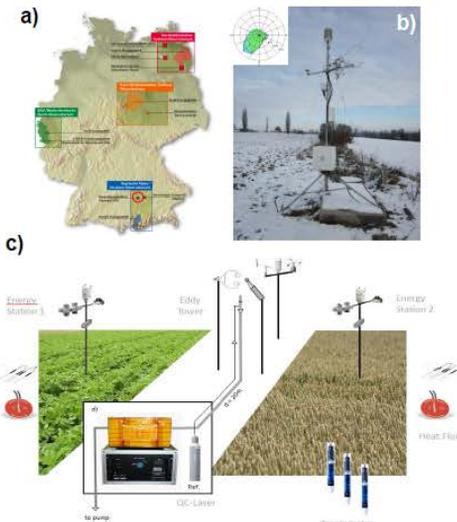


Fig. 1: a) TERENO Observatories, red circle: Research Station Scheyern b) Eddy Covariance Station in Scheyern with windrose c) Complete setup at the research station Scheyern: Anemometer CSAT3, LICOR 7100, HMP45C, Quassam Cascade Laser and Energy Station: Long-Wave Radiometer (CNRI), Pyrrometer (CM22/C64), Heat flux plates and measurement devices for further soil parameters (e.g. pH, conductivity, O₂).

Take Home Message:

- EC-Technique enables GHG-measurements of N₂O at the field scale.
- N₂O-flux models lack a description of atmospheric turbulence
→ Implement a model (local K-Approach)
- Validation: Measurements of N₂O with EC (QCL)

EC with Quantum Cascade Laser (QCL):

The measurement principle of tunable QC-Lasers is based on absorption-spectroscopy according to Beer's Law. They can be used to detect N₂O concentrations (mixing ratios) in the atmosphere very fast (10Hz) and accurately (60ppt/s), which makes them a suitable tool for Eddy Covariance measurements.

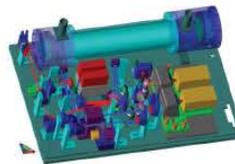


Fig.2: Schematic Picture of a QCL-Laser optics box. Lasers (yellow boxes) with wavelengths 1271 cm⁻¹ and 2140 cm⁻¹ are lead over mirrors (blue) to the measurement cell (top) or a reference cell, respectively before the intensity is measured by the two detectors (violet). The difference between measurement and reference is a measure for the mixing ratio.

www.aerodyne.com

This mixing ratio (s) measurement and vertical wind (w) measurement is the key component for Eddy Covariance measurements.

$$F \approx \overline{\rho_a w' s'}$$

Modeling:

In order to simulate the N₂O-flux as an interaction between soil and atmosphere instead of just simulate the formation of N₂O in the soil Expert-N 5.0 has to be modified. Therefore a module for turbulence will be implemented into the modular model framework Expert-N. Common for the description of turbulence is a first order closure approach (local or non local closure) but also higher order closure schemes are possible. We will begin to implement a local K-Approach, whereby the model can be driven by turbulence measurements at the station.

References

- Flessa H., Ruser R., Schilling R., Löffler N., Munch J.C., Kaiser E.A., F. Beese (2002). N₂O and CH₄ fluxes in potato fields: automated measurement, management effects and temporal variation, *Geoderma*, 105, pp. 307-325
- Kroon P.S., Hensen A., Jonker H.J., W.H.v.a't Veen, and Vermeulen A.T., Suitability of quantum cascade laser spectroscopy for CH₄ and N₂O eddy covariance flux measurements (2007), *Biogeosciences*

Does Consumer Ethnocentrism Influence Product Knowledge?

Carolin Claudia Seitz², Jutta Roosen³

Consumer ethnocentrism has been in the focus of marketing research for several years. While on the one hand it has been studied as an important predictor for consumers' attitudes towards and perceptions of foreign products, there is on the other hand considerable research on the relationship between consumer ethnocentrism and sociodemographic variables like age, gender, education or income. To the authors' knowledge no study exists that examines the influence of consumer ethnocentrism on cognitive structures of certain product knowledge (in our case about Bavarian food products). In this context, the focus of this study is to analyze the relationship between consumer ethnocentrism and the knowledge regarding Bavarian food products. Product knowledge in this case is defined as the number of associations people have when thinking about Bavarian food product visualized as semantic networks as well as the complexity of the individual semantic networks. In this study the method of concept mapping was chosen as it allows for broadly capturing beliefs regarding Bavarian food products, visualizing these associations and finally relating them with each other. After participants had finalized their individual semantic network a 10 item subset of the 17 question CETSCALE was provided and participants had to rate their answers on a seven-point Likert scale. Finally they had to answer questions regarding socio-demographics.

Data was analyzed using count data models. Results of count-data regression models show that there is a negative relation between consumer ethnocentrism and the complexity of product knowledge. While there is no significant effect of gender, age and education, nationality matters with regard to the complexity of cognitive structures.

This study contributes to the understanding of the underlying determinants of cognitive structures. The information about the relation between the level of consumer ethnocentrism and product knowledge can help marketers to develop appropriate marketing strategies.

² Research assistant, TUM School of Management, Technische Universität München, Germany
✉ carolin.seitz@tum.de

³ Professor, TUM School of Management, Technische Universität München, Germany

Wir danken den Sponsoren für ihre Unterstützung!



**Bayerischer
Bauernverband**



